

#4  
5-18-01

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Mitsuhiko SHIBAZAKI**

Serial No.: Not Yet Assigned

Filed: September 29, 2000

For: **METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING FIGURE**

JC564 U.S. PTO  
09/671740  
  
09/29/00

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Director of Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

September 29, 2000

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

**Japanese Appln. No. 11-281096, filed on October 1, 1999**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicant has complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,  
ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI  
McLELAND & NAUGHTON

*TEB*

Atty. Docket No.: 000635  
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
Tel: (202) 659-2930  
Fax: (202) 887-0357  
TEB/yap

Thomas E. Brown  
Reg. No. 44,450

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年10月 1日

願番号  
Application Number:

平成11年特許願第281096号

願人  
Applicant(s):

ケミカルグラウト株式会社

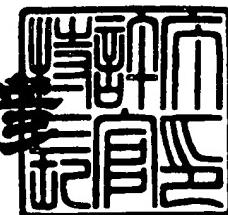
JC564 U.S. Pro  
09/671740  
09/29/00  


CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

1999年11月 5日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近藤 隆



出証番号 出証特平11-3076189

【書類名】 特許願

【整理番号】 990902

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 E21D 1/00

B24B 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区元赤坂1丁目6番4号 ケミカルグラウト株式会社内

【氏名】 柴崎光弘

【特許出願人】

【識別番号】 390002233

【住所又は居所】 東京都港区元赤坂1丁目6番4号

【氏名又は名称】 ケミカルグラウト株式会社

【代表者】 柴崎光弘

【代理人】

【識別番号】 100071696

【住所又は居所】 東京都港区西新橋2丁目13番3号 藤喜ビル3階 高橋特許事務所

【氏名又は名称】 高橋敏忠

【選任した代理人】

【識別番号】 100090000

【住所又は居所】 東京都港区西新橋2丁目13番3号 藤喜ビル3階  
高橋特許事務所

【氏名又は名称】 高橋敏邦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000284

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

特平11-28109

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701961

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 図形の決定方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 頂角数がN個の正N角形状図形を決定する図形の決定方法において、決定されるべき正N角形状図形の中心を固定点とし、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「 $(1-N)\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記第2の点が前記第1の点から離隔している所定距離を「 $(N-1)^2 r$ 」とした場合に、前記第2の点の軌跡が半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正N角形状図形を決定することを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定方法。

【請求項2】 頂角数がN個の正N角形状図形を決定する図形の決定方法において、正 $(N-1)$ 角形状図形を正N角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転させつつ、角速度「 $\omega$ 」で自転せしめ、前記正 $(N-1)$ 角形状図形は半径 $(N-1)^2 r$ の円に内接する輪郭を有しており、前記正 $(N-1)$ 角形状図形の公転角速度は「 $(1-N)\omega$ 」となり、前記正 $(N-1)$ 角形状図形の通過範囲は半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正N角形状図形を決定することを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定方法。

【請求項3】 頂角数がN個の正N角形状図形を決定する図形の決定方法において、正 $(N+1)$ 角形状図形を正N角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転させつつ、角速度「 $\omega$ 」で自転せしめ、前記正 $(N+1)$ 角形状図形は半径「 $(N+1)^2 r$ 」の円に内接する輪郭を有しており、前記正 $(N+1)$ 角形状図形の公転角速度は「 $(N+1)\omega$ 」となり、前記正 $(N+1)$ 角形状図形の通過範囲は半径「 $N(N+2)r$ 」の円に外接する正N角形状図形を決定することを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定方法。

【請求項4】 固定点である中心を設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離

れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「 $(1-N)\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「 $(N-1)^2$ 」より小さくして、前記第2の点の軌跡が、 $N$ 個の頂点を有し、半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接し、曲線から成る单一の閉じた領域から構成されている図形を決定することを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定方法。

【請求項5】 固定点である中心を設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「 $(1-N)\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「 $(N-1)^2$ 」より小さくして、前記第2の点の軌跡が、曲線から成る複数個の閉じた領域から構成され且つ中心に対して対称となる様な図形を決定することを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定方法。

【請求項6】 頂角数が $N$ 個の正 $N$ 角形状図形を決定する図形の決定装置において、入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、決定されるべき正 $N$ 角形状図形の中心を固定点として設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「 $(1-N)\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記第2の点が前記第1の点から離隔している所定距離を「 $(N-1)^2r$ 」とする様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記第2の点の軌跡が半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正 $N$ 角形状図形を決定する機能を有する様に構成されていることを特徴とするコンピュータを用いた図形の決

定装置。

【請求項7】 頂角数がN個の正N角形状図形を決定する図形の決定装置において、入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、正(N-1)角形状図形を正N角形状図形の中心と同心で半径「r」の円周上を公転させつつ、角速度「 $\omega$ 」で自転せしめ、前記正(N-1)角形状図形は半径 $(N-1)^2 r$ の円に内接する輪郭を有しており、前記正(N-1)角形状図形の公転角速度は「(1-N)  $\omega$ 」となる様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記正(N-1)角形状図形の通過範囲が半径「N(N-2)r」の円に外接する正N角形状図形を決定する機能を有する様に構成されていることを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定装置。

【請求項8】 頂角数がN個の正N角形状図形を決定する図形の決定装置において、入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、正(N+1)角形状図形を正N角形状図形の中心と同心で半径「r」の円周上を公転させつつ、角速度「 $\omega$ 」で自転せしめ、前記正(N+1)角形状図形は半径「(N+1)^2 r」の円に内接する輪郭を有しており、前記正(N+1)角形状図形の公転角速度は「(N+1)  $\omega$ 」となる様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記正(N+1)角形状図形の通過範囲が半径「N(N+2)r」の円に外接する正N角形状図形を決定する機能を有する様に構成されていることを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定装置。

【請求項9】 入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、固定点である中心を設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「(1-N)  $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「r」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「(N-1)^2」より小さくなる様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記第2の点の軌跡が、N個の頂点を有し、半径「N(N-2)r」の円に外接し、曲線から成る单一の閉じた領域から構成されている図形を決定

する機能を有する様に構成されていることを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定装置。

【請求項10】 入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、固定点である中心を設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「 $(1-N)\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「 $(N-1)^2$ 」より小さくなる様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記第2の点の軌跡が、曲線から成る複数個の閉じた領域から構成され且つ中心に対して対称となる様な図形を決定する機能を有する様に構成されていることを特徴とするコンピュータを用いた図形の決定装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

###### 【発明の属する技術分野】

本発明は、コンピュータを用いて図形の決定する方法及び装置に関するものであり、より詳細には、長さ或いは角度の精密な測定を必要とする事無く、工学上、実用に耐える程度の精度を有する正N角形等の図形を決定する方法及び装置に関する。

##### 【0002】

###### 【従来の技術】

例えばボーリング孔の掘削作業等においては、掘削ビットを回転するのが最も有効な掘削方法であり、その際には、掘削孔の形状は当然円形となる。しかし、四角形断面を有するボーリング孔を掘削することが出来れば、掘削量に無駄がない。

##### 【0003】

また、例えば地盤改良工法の施工に際しては、断面円形の掘削或いは地盤改良を行うと重複する部分が多いが、例えば断面形状が六角形のボーリング孔掘削で

あれば、全く重複掘削をすること無く、施工するべき箇所の全面に亘って掘削をすることが可能である。

#### 【0004】

上述したのは土木作業に関する事例であるが、土木作業に限らず、機械加工、設計、その他の工学上、非円形図形を用いることには種々のメリットがある。

ここで、工学的な適用を考慮した場合において、従来技術では、非円形図形を決定するには、長さ或いは角度の正確な測定が必要不可欠とされていた。

#### 【0005】

しかし、工学状の各種作業或いは施工の現場において、図形を決定するのに必要な高精度な計測を行う事は、多大な労力及びコストを必要としていた。換言すれば、非円形図形を決定するについて、長さや角度等の高精度な計測を必要としない手法は、現時点では提供されてはいない。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上述した様な実状に鑑みて提案されたものであり、長さや角度等の高精度な計測を行う事無く、非円形の断面形状、特に正多角形状の図形を決定することを可能にした穿孔方法及び装置の提供を目的としている。

#### 【0007】

##### 【知見】

発明者は研究の結果、次の様な技術的事項を見出した。

(A) 中央の第1の点、その周囲を回る第2の点、該第2の点の周囲を回る第3の点を、それぞれ、太陽S、地球E、月Mになぞらえた場合において、地球上Eから $(N-1)^2 r$ 離れた場所の月Mが地球の周囲を角速度 $\omega$ で回転し、地球Eは、そこから距離 $r$ だけ離れた太陽Sの周囲を角速度 $(1-N)\omega$ で回転するときに、太陽Sを固定点としてみたならば、月Mの描く軌跡は、半径 $N(N-2)r$ の円に外接する正N角形状の曲線に近似する。

(B) 半径 $(N-1)^2 r$ の円に内接する正 $(N-1)$ 角形を、その円の中心を軸に角速度 $\omega$ で自転させつつ、半径 $r$ の円周上を角速度 $(1-N)\omega$ で公転させる時、この正 $(N-1)$ 角形の掃過範囲は、半径 $N(N-2)r$ の円に

外接する正N角形状曲線に囲まれた範囲となる。

(C) 半径  $(N+1)^2 r$  の円に内接する正  $(N+1)$  角形を、その円の中心を軸に角速度  $\omega$  で自転させつつ、半径  $r$  の円周上を角速度  $(N+1) \omega$  で公転させる時、この正  $(N+1)$  角形の掃過範囲は、半径  $N(N+2)r$  の円に外接する正N角形状曲線に囲まれた範囲となる。

なお、上記知見及び本明細書において、角速度に付された正負の符号は、正符号のついた角速度と負符号のついた角速度とは、回転方向が反対方向である事を示すために付されている。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、上述した知見に基いて創作されたものである。

#### 【0009】

本発明のコンピュータを用いた図形の決定方法は、頂角数が  $N$  個の正N角形状図形を決定する図形の決定方法において、決定されるべき正N角形状図形の中心 (S) を固定点とし、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点 (E) を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点 (M) を設け、前記第2の点 (M) が前記第1の点 (E) の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点 (E) が前記中心 (S) の周囲を回転する角速度を「 $(1-N) \omega$ 」とし、前記第1の点 (E) が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記第2の点 (M) が前記第1の点 (E) から離隔している所定距離を「 $(N-1)^2 r$ 」とした場合に、前記第2の点 (M) の軌跡が半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正N角形状図形を決定することを特徴としている。

#### 【0010】

この様な構成を具備する本発明によれば、上述した知見 (A) により正N角形状のボーリング孔が掘削される。すなわち、固定点である中心が知見 (A) における太陽 S に相当し、前記中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点が地球 E に相当し、第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点が月 M に相当する。そして知見 (A) で述べた様に

、第2の点（月M）の軌跡が正N角形の輪郭となる。

#### 【0011】

また、本発明のコンピュータを用いた図形の決定方法は、頂角数がN個の正N角形状図形を決定する図形の決定方法において、正 $(N-1)$ 角形状図形を正N角形状図形の中心と同心で半径「r」の円周上を公転させつつ、角速度「ω」で自転せしめ、前記正 $(N-1)$ 角形状図形は半径 $(N-1)^2 r$ の円に内接する輪郭を有しており、前記正 $(N-1)$ 角形状図形の公転角速度は「 $(1-N) \omega$ 」となり、前記正 $(N-1)$ 角形状図形の通過範囲は半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正N角形状図形を決定することを特徴としている。

#### 【0012】

かかる構成を有する本発明の掘削方法によれば、上述した知見（B）に基いて、正N角形状図形を決定する事が出来る。すなわち、前記正 $(N-1)$ 角形状図形が通過或いは移動する範囲は、半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正N角形状の範囲となるのである。

#### 【0013】

さらに、本発明のコンピュータを用いた図形の決定方法は、頂角数がN個の正N角形状図形を決定する図形の決定方法において、正 $(N+1)$ 角形状図形を正N角形状図形の中心と同心で半径「r」の円周上を公転させつつ、角速度「ω」で自転せしめ、前記正 $(N+1)$ 角形状図形は半径「 $(N+1)^2 r$ 」の円に内接する輪郭を有しており、前記正 $(N+1)$ 角形状図形の公転角速度は「 $(N+1) \omega$ 」となり、前記正 $(N+1)$ 角形状図形の通過範囲は半径「 $N(N+2)r$ 」の円に外接する正N角形状図形を決定することを特徴としている。

#### 【0014】

かかる構成を有する本発明の図形の決定方法によれば、上述した知見（C）に従って、前記正 $(N+1)$ 角形状図形の通過或いは移動する範囲が、半径「 $N(N+2)r$ 」の円に外接する正N角形状の範囲となるのである。

#### 【0015】

本発明において、掘削される掘削孔の断面形状は偏心回転によって創成される包絡線であって、その各頂角には丸みが付き、また、各辺は厳密な意味において

は直線とは言い得ない。しかし、実用上、本発明により掘削される掘削孔の断面形状は、正N角形と考えて問題は無い。

かかる意味により、本明細書においては、「正N角形状」なる表現が用いられている。

#### 【0016】

また、本発明の実施に際して、決定するべき正N角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転する起点を設定し、該起点からN本の線分を円周方向に等間隔に設け、該線分の前記起点と反対側の点は半径 $(N-1)^2 r$ の円の円周上に位置する様な図形を用い、前記線分を前記起点の周囲を角速度「 $\omega$ 」で回転せしめ、前記起点が前記正N角形状図形の中心の周囲を回転する角速度を「 $(1-N) \omega$ 」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離を「 $r$ 」とし、前記線分の長さを「 $(N-1)^2 r$ 」とすれば、前記線分の起点と反対側の点の軌跡により、半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正N角形状図形を決定することが可能である。

#### 【0017】

この様な構成であれば、上述した知見（A）により正N角形状図形が決定される。すなわち、「決定するべき正N角形状図形の中心」が知見（A）における太陽Sに相当し、前記「起点」が地球Eに相当し、前記「起点からN本の線分を円周方向に等間隔に設け、該線分の前記起点と反対側の点」が月Mに相当する。そして知見（A）で述べた様に、前記線分の前記起点と反対側の点の軌跡が正N角形の輪郭となるのである。

#### 【0018】

また、本発明の実施に際して、前記正 $(N-1)$ 角形状図形として、決定するべき正N角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転する起点を設定し、該起点からN本の線分を円周方向に等間隔に設け、該線分の前記起点と反対側の点は半径 $(N-1)^2 r$ の円の円周上に位置する様な図形を用いることが可能である。

#### 【0019】

この場合においても、起点から円周方向に等間隔に設けられた前記「線分」が

移動或いは通過する範囲は、知見（B）で述べた前記正（N-1）角形状図形が移動或いは通過する範囲に相当する事となり、正N角形状の図形が決定される。

## 【0020】

上述した本発明の図形の決定方法は、頂点を結ぶ辺が（実質的に）直線である正N角形状図形を決定するものである。ここで、例えば摩擦杭の断面形状を決定する場合の様に、様に断面積に比較して断面の周長（断面形状の輪郭の長さ）を長くしたい場合が存在する。

## 【0021】

その様な要請に応えるために、発明者は種々研究の結果、前記中心（固定点）から第1の点までの半径方向距離「r」と、前記第1の点から第2の点までの距離との比率、或いは、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離（ $r'$ ）と前記線分の長さとの比率を、「 $(N-1)^2$ 」よりも小さくすることにより、前記第2の点或いは「線分の前記起点と反対側の点」が、N個の頂点を有し、且つ、曲線（ボーリング孔の中心線側に湾曲する湾曲線）から成る单一の閉じた領域から構成されている形状となることを見出した。

## 【0022】

この様な知見に基き、本発明の図形の決定方法を以下に述べる様に構成すれば、頂点と頂点とを結ぶ辺が湾曲線（内側に湾曲する湾曲線）で構成されており、断面積に対して輪郭線の周長が長い形状の図形を決定することが出来る。

## 【0023】

すなわち、本発明のコンピュータを用いた図形の決定方法は、固定点である中心を設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「 $(1-N)\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「 $(N-1)^2$ 」より小さくして、前記第2の点の軌跡が、N個の頂点を有し、半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接し、曲線から成る单一の閉じた領域か

ら構成されている図形を決定することを特徴としている。

#### 【0024】

この場合において、決定するべき正N角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転する起点を設定し、該起点からN本の線分を円周方向に等間隔に設け、該線分の前記起点と反対側の点は半径  $(N - 1)^2 r$  の円の円周上に位置する様な図形を用い、前記線分を前記起点の周囲を角速度「 $\omega$ 」で回転せしめ、前記起点が前記正N角形状図形の中心の周囲を回転する角速度を「 $(1 - N) \omega$ 」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離を「 $r$ 」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離（ $r$ ）と前記線分の長さとの比率を、「 $(N - 1)^2$ 」よりも小さくしても良い。

#### 【0025】

さらに、発明者は研究の結果、上記比率をさらに小さくすれば、曲線から成る複数個の閉じた領域から構成され且つ中心に対して対称となる様な形状を有する図形を決定出来ることを見出した。

#### 【0026】

すなわち、本発明のコンピュータを用いた図形の決定方法は、固定点である中心を設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「 $(1 - N) \omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「 $(N - 1)^2$ 」より小さくして、前記第2の点の軌跡が、曲線から成る複数個の閉じた領域から構成され且つ（決定されるべき当該図形の）中心に対して対称となる様な図形を決定することを特徴としている。

#### 【0027】

この場合においても、決定するべき正N角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転する起点を設定し、該起点からN本の線分を円周方向に等間隔に設け、該線分の前記起点と反対側の点は半径  $(N - 1)^2 r$  の円の円周上に位

置する様な図形を用い、前記線分を前記起点の周囲を角速度「 $\omega$ 」で回転せしめ、前記起点が前記正N角形状図形の中心の周囲を回転する角速度を「(1-N) $\omega$ 」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離を「r」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離(r)と前記線分の長さとの比率を、「(N-1)<sup>2</sup>」よりも小さくしても良い。

ここで、前記「曲線から成る複数個の閉じた領域から構成され且つ中心に対して対称となる様な図形」とは、「複数個の閉じた領域」がN個の場合は、図32-図37で示す様な複葉状の形状を意味している。そして、「複数個の閉じた領域」が(N+1)個の場合は、図54で示す様な複葉状の形状を意味している。

#### 【0028】

上述した図形の決定方法を実施するため、本発明の図形の決定装置は、以下のように構成されている。

#### 【0029】

本発明のコンピュータを用いた図形の決定装置は、頂角数がN個の正N角形状図形を決定する図形の決定装置において、入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、決定されるべき正N角形状図形の中心を固定点として設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「(1-N) $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「r」とし、前記第2の点が前記第1の点から離隔している所定距離を「(N-1)<sup>2</sup>r」とする様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記第2の点の軌跡が半径「N(N-2)r」の円に外接する正N角形状図形を決定する機能を有する様に構成されていることを特徴としている。

かかる構成を具備する本発明の図形の決定装置は、上記した知見(A)をコンピュータを用いた図形の決定装置に適用したものである。

#### 【0030】

また、本発明のコンピュータを用いた図形の決定装置は、頂角数がN個の正N

角形状図形を決定する図形の決定装置において、入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、正 $(N-1)$ 角形状図形を正 $N$ 角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転させつつ、角速度「 $\omega$ 」で自転せしめ、前記正 $(N-1)$ 角形状図形は半径 $(N-1)^2 r$ の円に内接する輪郭を有しており、前記正 $(N-1)$ 角形状図形の公転角速度は「 $(1-N) \omega$ 」となる様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記正 $(N-1)$ 角形状図形の通過範囲が半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正 $N$ 角形状図形を決定する機能を有する様に構成されていることを特徴としている。

かかる構成を具備する図形の決定装置は、上記知見(B)に基くものである。

なお、 $N$ は4以外の整数を選択する事が可能である。勿論、 $N=4$ であっても良い。

#### 【0031】

さらに、本発明の本発明のコンピュータを用いた図形の決定装置は、頂角数が $N$ 個の正 $N$ 角形状図形を決定する図形の決定装置において、入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、正 $(N+1)$ 角形状図形を正 $N$ 角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転させつつ、角速度「 $\omega$ 」で自転せしめ、前記正 $(N+1)$ 角形状図形は半径「 $(N+1)^2 r$ 」の円に内接する輪郭を有しており、前記正 $(N+1)$ 角形状図形の公転角速度は「 $(N+1) \omega$ 」となる様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記正 $(N+1)$ 角形状図形の通過範囲が半径「 $N(N+2)r$ 」の円に外接する正 $N$ 角形状図形を決定する機能を有する様に構成されていることを特徴としている。

この様な図形の決定装置は、上記知見(C)によるものである。

#### 【0032】

ここで、例えば摩擦杭の様に断面積に比較して断面の周長(断面形状の輪郭の長さ)を長くしたい場合には、入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、固定点である中心を設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「 $($

1-N)  $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「r」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「(N-1)<sup>2</sup>」より小さくなる様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記第2の点の軌跡が、N個の頂点を有し、半径「N(N-2)r」の円に外接し、曲線から成る单一の閉じた領域から構成されている図形を決定する機能を有する様に構成すれば良い。

## 【0033】

この場合においても、決定すべき正N角形状図形の中心と同心で半径「r」の円周上を公転する起点を設定し、該起点からN本の線分を円周方向に等間隔に設け、該線分の前記起点と反対側の点は半径(N-1)<sup>2</sup>rの円の円周上に位置する様な図形を用い、前記線分を前記起点の周囲を角速度「 $\omega$ 」で回転せしめ、前記起点が前記正N角形状図形の中心の周囲を回転する角速度を「(1-N) $\omega$ 」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離を「r」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離(r)と前記線分の長さとの比率を、「(N-1)<sup>2</sup>」よりも小さく構成しても良い。

## 【0034】

さらに本発明によれば、曲線から成るN個の閉じた領域から構成され且つ中心に対して対称な形状の図形を決定する事が可能である。

すなわち、入力手段及び制御手段を設け、前記入力手段は、固定点である中心を設定し、当該中心から一定距離だけ離隔し且つ当該中心の周囲を回転する第1の点を設け、該第1の点から所定距離だけ離れ且つ該第1の点の周囲を回転する第2の点を設け、前記第2の点が前記第1の点の周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心の周囲を回転する角速度を「(1-N) $\omega$ 」とし、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「r」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「(N-1)<sup>2</sup>」より小さくなる様に入力する機能を有しており、前記制御手段は、前記第2の点の軌跡が、曲線から成る複数個の閉じた領域から構成され且つ（決定されるべき当該図形の）中心に対して対称となる様な図形を決定する機能を有する様に構成することが出来るのである。

## 【0035】

この場合においても、決定するべき正N角形状図形の中心と同心で半径「 $r$ 」の円周上を公転する起点を設定し、該起点からN本の線分を円周方向に等間隔に設け、該線分の前記起点と反対側の点は半径  $(N - 1)^2 r$  の円の円周上に位置する様な図形を用い、前記線分を前記起点の周囲を角速度「 $\omega$ 」で回転せしめ、前記起点が前記正N角形状図形の中心の周囲を回転する角速度を「 $(1 - N) \omega$ 」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離を「 $r$ 」とし、前記起点が前記正N角形状図形の中心から離隔する距離（ $r$ ）と前記線分の長さとの比率を、「 $(N - 1)^2$ 」よりも小さく構成しても良い。

ここで、前記「曲線から成る複数個の閉じた領域から構成され且つ中心に対し対称となる様な図形」とは、「複数個の閉じた領域」がN個の場合は、図32—図37で示す様な複葉状の形状を意味している。そして、「複数個の閉じた領域」が（N+1）個の場合は、図54で示す様な複葉状の形状を意味している。

## 【0036】

## 【発明の原理】

以下、図41以下を参照して、本発明の作動原理を説明する。

## 【0037】

先ず、N=4の場合、すなわち正方形を決定する場合について考える。図41において、原点S（「太陽」に相当）の周囲を点E（「地球」に相当）が公転し、そして、点E（地球）の周囲を点M（「月」に相当）が公転している場合を想定する。

## 【0038】

図41において、点Sと点Eとの間隔（点Eの公転半径）が「 $r$ 」、点Eと点Mとの間隔が「 $L$ 」（図においては英小文字で表現している）、点Mの角速度が「 $\omega$ 」、点Mの座標が「 $x_M$ ， $y_M$ 」であれば、点Sと点Mとの間の距離 $L_M$ は、次式により表現される。

$$\begin{aligned} L_M &= (x_M^2 + y_M^2)^{1/2} \\ &= [ \{L \cos \omega t + r \cos (-3) \omega t\}^2 + \{L \sin \omega t \\ &\quad + r \sin (-3) \omega t\}^2 ]^{1/2} \end{aligned}$$

$$= (r^2 + L^2 + 2rL \cdot \cos 4\omega t)^{1/2} \quad \dots$$

・ (1)

【0039】

点M ( $x_M$ ,  $y_M$ )、すなわち線分SMの先端(月)が1周して正方形の軌跡を描くために必要な時間は

$$t = 2\pi/\omega$$

であり、その間に点E ( $x_E$ ,  $y_E$ ) (地球) は3回公転する。

【0040】

図42を参照して、点S、E、Mからなる運動系について、さらに考察する。

図42において、点Eと点Mとの間隔(点Mの回転半径)は「L」(図においては英小文字で表現している)であり、 $L = \eta r$  (''η''は定数) : (条件甲)である。そして、点Eの角速度は「 $\kappa\omega$ 」(''κ''は定数)である。

図42において、点Mの座標 ( $x_M$ ,  $y_M$ ) は、

$$x_M = (r \cos \kappa\omega t + \eta r \cos \omega t)^{1/2} \quad \dots$$

(2)

$$y_M = (r \sin \kappa\omega t + \eta r \sin \omega t)^{1/2} \quad \dots$$

(3)

となる。

【0041】

ここで、図形の形状のみが問題となり、 $\omega t = 0$  の時に正N角状图形の1辺の中点から、点E、点Mの運動を開始することにしても一般性を失わない。従って、図43で示す様に、初期条件を定める。

すなわち、図43で示す様に、辺PQの中点がx軸上にあるものとし、且つ、 $\omega t = \theta$  とすれば、上記式(2)、式(3)は次の様に変形される。

$$\begin{aligned} x_M &= \eta r \cos \theta + r \cos (\kappa\theta + \pi) \\ &= \eta r \cos \theta - r \cos \kappa\theta \end{aligned} \quad \dots \quad (4)$$

$$\begin{aligned} y_M &= \eta r \sin \theta + r \sin (\kappa\theta + \pi) \\ &= \eta r \sin \theta - r \sin \kappa\theta \end{aligned} \quad \dots \quad (5)$$

【0042】

式(2)、(3)を用いて、点Sに対する点Mの運動を考慮すれば、点S、M間の長さ $L_M$ は、次式で表現される。

$$\begin{aligned}
 L_M &= (x_M^2 + y_M^2)^{1/2} \\
 &= \{ (\eta r \cos \theta - r \cos \kappa \theta)^2 \\
 &\quad + (\eta r \sin \theta - r \sin \kappa \theta)^2 \}^{1/2} \\
 &= \{ \cos^2 \kappa \theta + \sin^2 \kappa \theta + \eta (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) \\
 &\quad - 2\eta (\cos \theta \cos \kappa \theta + \sin \theta \sin \kappa \theta) \}^{1/2} \\
 &= r \{ 1 + \eta^2 - 2\eta \cos (1 - \kappa) \theta \}^{1/2} \quad \dots
 \end{aligned}$$

(6)

## 【0043】

ここで、点Mの軌跡が正N角形状となるためには、図44において、最初の頂点 $M_1$ から次の頂点 $M_2$ へ移動する際の中心角の変化量は「 $2\pi/N$ 」となる。そして、点Eは、図44において、 $E_1$ から $E_2$ に移動し、それを中心角に換算すれば、「 $2\pi - (2\pi/N)$ 」の変化量となる。

## 【0044】

点Mは時間tにおいて中心角が $2\pi/N$ だけ進むので、 $(2\pi/N) = \omega t$ であり、

$$t = (1/\omega) (2\pi/N) \quad \dots \quad (7)$$

となる。これに対して、点Eは時間tにおいて中心角が $-(2\pi - (2\pi/N))$ だけ進み、これは、 $\kappa \omega t$ に等しいので、

$$t = -(2\pi/\kappa \omega) (N - 1/N) \quad \dots \quad (8)$$

(5)式と(6)式から

$$\kappa = 1 - N \quad \dots \quad (9)$$

が得られる。

## 【0045】

上述した記載は、 $N = 4$ の場合についてのみ考察したものであるが、以下、正N角形状の図形を決定する場合の原理について説明する。

## 【0046】

正N角形状の図形を決定するに際して、先ず、「正N角形状曲線」 $f(\theta)$ を

定義する。

すなわち、

(a)  $f(\theta)$  は  $\theta$  の 1 倍函数である。

(b)  $f(\theta)$  は周期「 $2\pi/N$ 」の周期函数である。

(c)  $f(\theta)$  は、1 周期あたり、極大値と極小値をそれぞれ 1 個ずつ有する。

(d)  $f(\theta)$  の極大点から次の極大点までの 1 周期を考える場合には、 $f(\theta)$  はその間の極小点を中心に鏡面対称を為す。

(e)  $f(\theta)$  の曲率は正または 0 であり、特に、 $f(\theta)$  の極小点においては 0 とならなければならぬ。

#### 【0047】

さらに、決定される图形の 1 辺が x 軸或いは y 軸と交わる点、すなわち当該辺の中点において、当該辺の曲率における正負の符号が変わらないことが、当該辺が直線に近いことの条件となる。換言すれば、当該辺を構成する曲線の方程式の 2 次導函数の当該中点における数値がゼロとなる条件がさらに付加される。

この事は、決定されるべき正 N 角形の图形の 1 辺の中点が、変曲点になることを意味している。すなわち、図 45において、(決定されるべき正 N 角形の图形の 1 辺である) 線分 PMQ の中点 M が変曲点となる必要がある。

#### 【0048】

式 (4)、(5) から

$$x = \eta r \cos \theta - r \cos \kappa \theta$$

$$y = \eta r \sin \theta - r \sin \kappa \theta$$

そして、線分 PMQ の中点 M が変曲点であれば、点 M において、

$$\frac{d^2}{dx^2} x / \frac{d^2}{dy^2} y = 0 \quad \dots (1)$$

0)

が成立しなければならぬ。

#### 【0049】

式 (4)、(5) を変数分離型にして第 1 次導函数を求めれば、

$$dx = (-\eta r \sin \theta + \kappa r \sin \kappa \theta) d\theta$$

$$dy_M = (\eta r \cos \theta - \kappa r \cos \kappa \theta) d\theta$$

従って、

$$(dx/dy) = (-\eta r \sin \theta + \kappa r \sin \kappa \theta) / (\eta r \cos \theta - \kappa r \cos \kappa \theta) \quad \dots (11)$$

さらに、

$$\begin{aligned} (d^2 x/dy^2) &= (d/dy) \{ (-\eta r \sin \theta + \kappa r \sin \kappa \theta) \\ &\quad / (\eta r \cos \theta - \kappa r \cos \kappa \theta) \} \\ &= (d\theta/dy) (d/d\theta) \{ (-\eta r \sin \theta + \kappa r \sin \kappa \theta) \\ &\quad / (\eta r \cos \theta - \kappa r \cos \kappa \theta) \} \\ &= \{ 1 / (\eta \cos \theta - \kappa \cos \kappa \theta) \} (d/d\theta) \{ (-\eta \sin \theta \\ &\quad + \kappa \sin \kappa \theta) / (\eta \cos \theta - \kappa \cos \kappa \theta) \} \\ &= \{ (\eta \cos \theta - \kappa \cos \kappa \theta) (-\eta \cos \theta + \kappa^2 \cos \kappa \theta) \\ &\quad - (-\eta \sin \theta + \kappa \sin \kappa \theta) (-\eta \sin \theta + \kappa^2 \sin \kappa \theta) \} \\ &\quad / \{ (\eta \cos \theta - \kappa \cos \kappa \theta) (\eta \cos \theta - \kappa \cos \kappa \theta) \}^2 \\ &\dots \dots \dots (12) \end{aligned}$$

式(12)に、 $\theta = 0$ の時に  $d^2 x/dy^2 = 0$  という条件を入れると

$$\begin{aligned} d^2 x/dy^2 &|_{\theta=0} \\ &= \{ (\eta - \kappa) (\kappa^2 - \eta) \} / \{ (\eta - \kappa) (\eta - \kappa)^2 \} \\ &= (\kappa^2 - \eta) / (\eta - \kappa)^2 = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

3)

【0050】

式(13)から  $\eta = \kappa^2$  \dots \dots \dots (14)

式(14)を用いて  $L = \eta r$  (条件甲) を変形すれば、

$$L = \kappa^2 r$$

上記式(9)を用いて

$$L = (N-1)^2 r \quad \dots \dots \dots (15)$$

この式(15)の条件を満たす場合に、決定される正N角形状の各辺が、最も

直線に近くなる。

そして、式(15)を用いて式(4)、式(5)を書き直すと次の様になる。

$$x = r \{ (1-N)^2 \cos \omega t - \cos (1-N) \omega t \} \dots \dots \quad (16)$$

$$y = r \{ (1-N)^2 \sin \omega t - \sin (1-N) \omega t \} \dots \dots \quad (17)$$

### 【0051】

上述した記述は、例えば図42で示す線分EMが正N角形状の図形を決定する作動原理に関するものであるが、以下、図46を参照して、正(N-1)角形の図形を回転して、正N角形状の図形を決定出来ることを説明する。

### 【0052】

図43と同様に考えて、図46において、点M1から点M2へ角度「 $2\pi/(N-1)$ 」だけ回転させる。

ここで時間  $t = 0$  の際に、図46においては点E、点M1の位置にあると仮定しても一般性は失わない。そして、時間  $t = 0$  における点E、点M1の図46上の座標は、上記式(15)等を参照すれば、

$$E(r, 0)$$

$$M1 \{ (N-1)^2 - 1 \} r, 0)$$

となる。

ここで、点M1の座標(x1, y1)は、

$$x_1 = r \{ (1-N)^2 \cos \omega t - \cos (1-N) \omega t \} : \text{(式16参照)}$$

$$y_1 = r \{ (1-N)^2 \sin \omega t - \sin (1-N) \omega t \} : \text{(式17参照)}$$

と表現される。

### 【0053】

点M1の軌跡は、正N角形状の輪郭となる。そして、図45において、点M2の軌跡が点M1の軌跡と重なるのであれば、正(N-1)角形の全ての頂点が正N角形状の図形を決定することが証明できる。

換言すれば、上記座標  $(x_1, y_1)$  を「 $2\pi/(N-1)$ 」だけ回転した点  $M_2$  の座標  $(x_2, y_2)$  が、式(16)、(17)と同様な函数で表現されるのであれば、正  $(N-1)$  角形を回転することにより、正  $N$  角形状の図形を決定出来ることが証明される。

## 【0054】

$(x_1, y_1)$  を「 $2\pi/(N-1)$ 」だけ回転した点  $M_2$  の座標  $(x_2, y_2)$  を、式(16)、(17)で表現すれば、

$$\begin{aligned} x_2 &= r \{ (1-N)^2 \cos(\omega t + \{2\pi/(N-1)\}) \\ &\quad - \cos((1-N)\omega t) \} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (18)$$

$$\begin{aligned} y_2 &= r \{ (1-N)^2 \sin(\omega t + \{2\pi/(N-1)\}) \\ &\quad - \sin((1-N)\omega t) \} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (19)$$

## 【0055】

式(18)、(19)において、 $r = 1$ ,  $\omega = 1$  とする。

ここで、点  $M_2$  の座標が、点  $M_1$  と同様に正  $N$  角形状の図形を決定するのであれば、 $(2\pi/N)$  だけ回転しても式の形式は変化しない。

点  $M_2$  を  $(2\pi/N)$  だけ回転した座標  $M'$  ( $x'$ 、 $y'$ ) を求めるため、以下に示す回転行列式(20)、(21)を用いる。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \frac{2\pi}{N}, -\sin \frac{2\pi}{N} \\ \sin \frac{2\pi}{N}, \cos \frac{2\pi}{N} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} \quad \dots \dots \dots (20)$$

$$\begin{aligned} &= \begin{pmatrix} x_2 \cos \frac{2\pi}{N} - y_2 \sin \frac{2\pi}{N} \\ x_2 \sin \frac{2\pi}{N} + y_2 \cos \frac{2\pi}{N} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \begin{pmatrix} (1-N)^2 \cos \left\{ \frac{2\pi}{N} + t - \frac{2\pi}{N-1} \right\} - \cos \left\{ \frac{2\pi}{N} + (1-N)t \right\} \\ (1-N)^2 \sin \left\{ \frac{2\pi}{N} + t - \frac{2\pi}{N-1} \right\} - \sin \left\{ \frac{2\pi}{N} + (1-N)t \right\} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (21)$$

## 【0056】

式(20)、(21)において、次の様な変数 $t'$ を導入して整理する。

$$t' = t - \{2\pi/N(N-1)\} \quad \dots \dots \dots \quad (22)$$

その結果、

$$\begin{aligned} x' &= (1-N)^2 \cos [t' + \{2\pi/N(N-1)\} + (2\pi/N) \\ &\quad - \{2\pi/(N-1)\}] - \cos [(2\pi/N) - \\ &\quad (N-1)(t' + \{2\pi/N(N-1)\})] \\ &= (1-N)^2 \cos t' - \cos (1-N)t' \quad \dots \dots \quad (23) \end{aligned}$$

)

$$\begin{aligned} y' &= (1-N)^2 \sin [t' + \{2\pi/(N-1)\} - (2\pi/N) \\ &\quad + (2\pi/N) - \{2\pi/(N-1)\}] - \sin [(2\pi/N) \\ &\quad - (N-1)t' - \{(N-1)/N(N-1)\}2\pi] \\ &= (1-N)^2 \sin t' - \sin (1-N)t' \quad \dots \dots \quad (24) \end{aligned}$$

## 【0057】

上記(23)式、(24)式は、(16)式、(17)式における「」を「」に代えただけであり、全く同一の形式である。すなわち、点M2を $(2\pi/N)$ だけ回転しても、点M2式の座標を示す数式の形式は変化しない。従って、点M1と同様に、点M2も正N角形状の図形を決定する。

そして、点M1、点M2という一般的なかたちで正N角形状の図形を決定出来るのである。

## 【0058】

以上において導かれた結果を整理すれば、上記段落(0007)で記載された原理(A)、(B)、(C)が導き出されるのである。

## 【0059】

図41-図46は、正N角形状の図形を決定する場合における作動原理を説明しているが、図47以下においては、回転対称図形一般にまで範囲を広げて考察する。

ここで「回転対称図形」とは、例えば図26-図31で示すような図形、或い

は、図32-図37で示すような図形を意味している。

## 【0060】

頂角部で曲線が直線状となり、しかも丸みを帯びないためには、図47において、ベクトルPと△Pとが一直線上になければならない。そのためには、

$$P \times \Delta P = 0 \quad \dots \dots \dots (25)$$

となる。

## 【0061】

式(4)、(5)より、次式(26)、(27)が導かれる。

$$P = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \eta r \cos \theta - r \cos k\theta \\ \eta r \sin \theta - r \sin k\theta \end{pmatrix} \quad \dots \dots \dots (26)$$

これより、

$$\Delta P = \begin{pmatrix} \frac{dx}{d\theta} \\ \frac{dy}{d\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\eta r \sin \theta + rk \sin k\theta \\ \eta r \cos \theta - rk \cos k\theta \end{pmatrix} \quad \dots \dots \dots (27)$$

## 【0062】

式(26)、(27)により、ベクトルの外積(P × ΔP)は次式で表現される。

$$\begin{aligned} |P \times \Delta P| &= x \left( \frac{dy}{d\theta} \right) - y \left( \frac{dx}{d\theta} \right) \\ &= r^2 (\eta^2 + \kappa) - \eta r^2 (1 + \kappa) \cos (1 - \kappa) \theta \dots \dots \dots (28) \end{aligned}$$

## 【0063】

ここで、 $\kappa = 1 - N$  (式(9)参照)を式(28)に代入し、且つ、式(25)に関連して述べた様に、式(28)はゼロでなければならないので、

$$\begin{aligned} \cos (1 - \kappa) \theta &= (\eta^2 + \kappa) / \{ \eta (1 + \kappa) \} \\ \therefore \cos N \theta &= (\eta^2 + 1 - N) / \{ \eta (2 - N) \} \quad \dots \dots \dots (29) \end{aligned}$$

## 【0064】

図48で示す $\cos N \theta$ のグラフでは、 $0 \leq \theta < 2\pi$  の範囲では一般に解

は  $2N$  個求まる。しかし、対称图形である  $N$  角形の頂角数は  $N$  個であることから  
、この場合の解の数は  $N$  個であり、グラフの頂点部に解が存在する。

図 48 から明らかな様に、解が  $N$  個あるならば、解はグラフが極値を取る場合  
、すなわち、 $\cos N\theta = \pm 1$  の場合である。これを式(29)に代入すれば、次式(30)が得られる。

$$-\eta^2 \pm (2-N)\eta - 1 + N = 0 \quad \dots \dots \quad (30)$$

)

式(30)を解くと、

$$\eta = \pm (N-1) \quad \text{または} \quad \eta = \pm 1 \quad \dots \dots \quad (31)$$

となる。

ここで  $\eta > 0$  であるので、 $\eta = N-1$  または、 $\eta = 1$  である。

$\eta = N-1$  の場合、例えば  $N=4$  であれば、図 27 で示す様な图形が決定される。

一方、 $\eta = 1$  であれば、図 33 で示す様な图形が決定される。

#### 【0065】

次に、 $\eta = N-1$  の場合(図 27 で示す様な图形)について、面積と周長との関係を考察する。

#### 【0066】

先ず、図 49 を参照して、面積を求める。

面積を求めるに当たっては、角度  $\alpha$  における微小部分について考察する。

微小部分の面積  $dS$  を求めるに当たって、ハッチングを付した部分は無視出来る。従って、

$$\begin{aligned} dS &= (1/2) P \times P \cdot d\alpha \\ &= (1/2) P^2 d\alpha \quad \dots \dots \dots \dots \dots \quad (32) \end{aligned}$$

)

従って、

$$\begin{aligned} S &= \int dS \\ &= \int (1/2) P^2 d\alpha \quad \dots \dots \dots \dots \dots \quad (33) \end{aligned}$$

)

## 【0067】

式(33)のままでは積分することが出来ない。積分するためには、 $\alpha$ と $t$ との関係式を利用しなければならない。

図49において、角度 $\alpha$ における点Pの座標(x, y)について、前述した式(4)及び式(5)を用いれば、

$$\tan \alpha = y/x$$

$$\therefore \tan \alpha = (\eta r \sin t - r \sin \kappa t) / (r \cos t - \eta \cos \kappa t) \quad \dots \dots \quad (34)$$

式(34)の両辺を微分すれば、

$$\begin{aligned} \sec^2 \alpha \cdot d\alpha &= dt \cdot \{ (\eta \cos t - \kappa \cos \kappa t) (\eta \cos t \\ &\quad - \cos \kappa t) - (\eta \sin t - \sin \kappa t) (-\eta \sin t \\ &\quad + \kappa \sin \kappa t) \} / (\eta \cos t - \cos \kappa t)^2 \\ &= \{\eta^2 + \kappa - \eta(1+\kappa) \cos(1-\kappa)t\} \cdot dt \\ &/ (\eta \cos t - \cos \kappa t)^2 \quad \dots \dots \quad (35) \end{aligned}$$

)

## 【0068】

図44から明らかな様に、

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= x/P \\ &= r (\eta \cos t - \cos \kappa t) / P \quad \dots \dots \quad (36) \end{aligned}$$

式(35)及び式(36)から、

$$\begin{aligned} d\alpha &= \cos^2 \alpha \cdot \{ \eta^2 + \kappa - \eta(1+\kappa) \cos(1-\kappa)t \} \cdot dt \\ &/ (\eta \cos t - \cos \kappa t)^2 \\ &= r^2 \{ (\eta \cos t - \cos \kappa t)^2 / P^2 \} \cdot [ \{ \eta^2 + \kappa \\ &- \eta(1+\kappa) \cos(1-\kappa)t \} / (\eta \cos t - \cos \kappa t)^2 ] \\ &\cdot dt \\ &= (r^2 / P^2) \{ \eta^2 + \kappa - \eta(1+\kappa) \cos(1-\kappa)t \} dt \\ &\dots \dots \quad (37) \end{aligned}$$

## 【0069】

式(37)を式(33)に代入すれば、

$$S = \int (1/2) P^2 \cdot (r^2 / P^2) (\eta^2 + \kappa - \eta (1+\kappa) \cos(1-\kappa)) dt \quad \dots \dots \dots \quad (38)$$

ここで、積分は不定積分ではなく、0から $2\pi$ までの定積分である。従って、式(38)は、

$$S = (r^2 / 2) \cdot (\eta^2 + \kappa) 2\pi \quad \dots \dots \dots \quad (39)$$

式(39)に、 $\kappa = 1 - N$ 、 $\eta = N - 1$ を代入すれば、

$$S = \pi r^2 (N-1)(N-2) \quad \dots \dots \dots \quad (40)$$

### 【0070】

次に、再び図49を参照して、 $\eta = N - 1$ の場合(図27で示す様な図形)について、面積と周長との関係を考察する。

図49において、周長の微小部分 $dR$ は

$$\begin{aligned} dR &= |dP| = |P(t)| \cdot dt \\ &= \{(\frac{dx}{dt})^2 + (\frac{dy}{dt})^2\}^{1/2} \cdot dt \\ &= \{(-\eta \sin t + \kappa \sin \kappa t)^2 + (\eta \cos t - \kappa \cos \kappa t)^2\}^{1/2} \cdot dt \\ &= r \{\eta^2 + (1-N)^2 - 2\eta(1-N) \cos Nt\}^{1/2} \cdot dt \dots \end{aligned} \quad (41)$$

### 【0071】

ここで、式(41)に $\eta = N - 1$ を代入すれば、

$$dR = 2^{1/2} \cdot (N-1)r(1 + \cos Nt)^{-1/2} \cdot dt \quad \dots \dots \quad (42)$$

式(42)に対して、所謂「倍角の公式」

$$\cos Nt = \cos 2 \times (N/2)t = 2 \cos^2(N/2)t - 1$$

を利用して変形すれば次式(43)となる。

$$dR = 2r(N-1) |\cos(N/2)t| \cdot dt \quad \dots \dots \quad (43)$$

式(43)を積分すれば次式(44)となる。

$$R = \int 2r(N-1) |\cos(N/2)t| \cdot dt \quad \dots \dots \quad (44)$$

(積分は不定積分ではなく、0から $2\pi$ までの定積分)

## 【0072】

$f(t) = |\cos(N/2)t|$  なるグラフは、図50の様になる。

式(38)の積分の範囲は  $(0 - 2\pi/2N) \times 2N$  となる。従って、式(44)は、

$$R = 2r(N-1) \times 2N \int \cos(N/2)t \cdot dt$$

(積分は0から $2\pi/2N$ までの定積分)

$$= 8r(N-1) \quad \dots \dots \dots (45)$$

となる。

## 【0073】

次に、 $\eta = N-1$  の場合(図27で示す様な図形)と、等積の正方形との周長を比較する。

## 【0074】

一边 $a$ の正方形の面積 $S_a$ は  $S_a = a^2$

式(40)で示される図形( $\eta = N-1$  であり、且つ、図27で示す様な図形)の面積 $S$ と、上記 $S_a$ とが等しいのであれば、次式の様な関係が成立する。

$$S_a = S$$

$$\therefore a^2 = \pi r^2 (N-1)(N-2)$$

$$\therefore a = r \{ \pi (N-1)(N-2) \}^{1/2} \quad \dots \dots \dots (46)$$

## 【0075】

正方形の周長を $R_a$ とすれば  $R_a = 4a$  なので、次式が成り立つ。

$$R_a = 4r \{ \pi (N-1)(N-2) \}^{1/2} \quad \dots \dots \dots (47)$$

(45)式と(47)式より、 $\eta = N-1$  であり且つ図27で示す様な図形の周長 $R$ と、正方形の周長 $R_a$ とを比較する。 $\lambda = (R/R_a)$  とすれば、

$$\begin{aligned} \lambda &= 8r(N-1)/4r \{ \pi (N-1)(N-2) \}^{1/2} \\ &= 2 [(N-1)/\{\pi (N-2)\}]^{1/2} \quad \dots \dots \dots (48) \end{aligned}$$

## 【0076】

式(48)に対して、 $N=4$ を代入すれば、

$$\lambda_{N=4} = 2 \{ (1/\pi) \cdot (3/2) \}^{1/2} = 1.36 \dots \dots \quad (49)$$

式(49)より、 $\eta=N-1$ であり且つ図27で示す様な図形は、等積の正方形よりも、周長が36%増加することが明らかになった。

## 【0077】

次に、 $\eta=N-1$ の場合(図27で示す様な図形)と、等積の円との周長を比較する。

## 【0078】

半径aの円の面積Saは、 $Sa = \pi a^2$ であり、式(40)で示される图形( $\eta=N-1$ であり且つ図27で示す様な図形)の面積Sと、上記Saとが等しいのであれば、次式の様な関係が成立する。

$$\begin{aligned} Sa &= S \\ \therefore \pi a^2 &= \pi r^2 (N-1)(N-2) \\ \therefore a &= r \{ (N-1)(N-2) \}^{1/2} \dots \dots \dots \quad (50) \end{aligned}$$

## 【0079】

一方、円の周囲長さをRaとすれば、式(50)から

$$\begin{aligned} Ra &= 2\pi a \\ &= 2\pi r \{ (N-1)(N-2) \}^{1/2} \dots \dots \dots \quad (51) \end{aligned}$$

また、式(45)から、 $\eta=N-1$ であり且つ図27で示す様な図形の周長Rは、 $R=8r(N-1)$ となるので、両者の周長の比率を $\lambda=R/Ra$ とすれば、

$$\begin{aligned} \lambda &= \{ 8r(N-1) \} / [ 2\pi r \{ (N-1)(N-2) \}^{1/2} ] \\ &= (4/\pi) \{ (N-1) / (N-2) \}^{1/2} \dots \dots \dots \quad (52) \end{aligned}$$

## 【0080】

ここで、 $f(N) = (4/\pi) \{ (N-1)/(N-2) \}^{1/2}$  をグラフ化すると、図51で示すようになる。

ここで  $N \geq 3$  の整数なので、図51においては  $N=3$  の時に最大値をとり、  $N$  が増加するに連れて  $(4/\pi)$  に漸近する。

#### 【0081】

式(52)に対して、  $N=4$  を代入すれば、

$$\lambda_{N=4} = (4/\pi) (3/2)^{1/2} = 1.56 \quad \dots \dots \dots$$

(53)

となる。この式(53)により、  $\eta = N - 1$  であり且つ図27で示す様な図形の周長は、等面積の円に対して 56% 増加することが判明した。

#### 【0082】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図1～図40を参照して本発明の実施形態を説明する。

#### 【0083】

図1～図16は、上記知見(B)に基く実施形態を示している。

図1には、各頂点を符号A、B、C、Dで示す正方形Hをその正方形に内接する正三角形状の図形Tを回転して掘削する実施形態が示されている。そして、図2～図7を参照し、その正三角形状の図形Tによって正N角形状の図形Hが正方形に決定される様子を説明する。

#### 【0084】

図において、正三角形状の図形T（正  $(N-1)$  角形状の輪郭を有する図形）は、1辺が  $2a$  の正方形形状の図形Hに内接し、その重心（図心）Gが図形Hの中心Oから半径  $r$  の軌道Rを反時計回りに公転しており、その回転角（公転する角度）を  $\theta$  で示している。そして、図形（三角形）Tは時計回りに公転速度の  $1/3$  の速度で自転しており、その回転角（自転する角度）を  $\phi$  で示している。

また、三角形Tの重心Gから頂点Pまでの距離Lは、 $L = 2 \cdot 3^{-0.5} a$  であるから、正方形Hと三角形Tの重心（O、G）間距離rは、 $r = (2 \cdot 3^{-0.5} - 3) a / 3$  であり、このrが軌道Rの半径となっている。

#### 【0085】

図2は、三角形Tの頂点Pと重心Gとを結ぶ線分LがX軸と重なった状態であって、この状態を回転角 $\theta = 0^\circ$ とする。

以下、図3および図4はそれぞれ $\theta = 45^\circ$ および $90^\circ$ の回転時を示し、三角形图形Tは $\phi = 15^\circ$ および $30^\circ$ 逆方向に回転し、その頂点Pの軌跡が图形Hの一辺を形成している。そして、図5の $\theta = 135^\circ$ での頂角部は丸みを形成して、図6および図7の $\theta = 180^\circ$ および $270^\circ$ で次の辺が形成されている。同様にして三角形Tの図示しない他の頂点で各辺が形成され、图形Hが正方形状に形成される。

#### 【0086】

図8は、図1～図7で説明した様な图形T（三角形）を回転した際ににおける（3角形の图形Tの）頂点Pの軌跡を包絡線で表現したものである。そして、頂点Pの軌跡が图形Hの断面形状、すなわち正方形である旨が明示されている。なお図8において、正三角形状の图形Tの重心Gの軌跡が、符号G-Tで示されている。

ここで、図8で示されている图形Hの断面形状は偏心回転によって決定される包絡線であり、その各頂角には丸みが付き、また、各辺は厳密な意味においては直線とは言い得ない。しかし、図8で示す图形Hの断面形状は、実用上、正方形（正4角形）と考えて問題は無い。

#### 【0087】

また、図9には、正方形の图形T4で正五角形の图形H5が、そして、図10には正五角形の图形T5で正六角形の图形H6が決定される実施形態が示されている。

この場合、軌道円半径rは、両多角形重心間距離（OG）であり、

$$r = a \{ \sec(\pi/N) - 1 \} / 2 \text{ となる。}$$

ただし、aはN角形の中心Oと一边間の距離である（図9参照）。

#### 【0088】

図11～図16は、正三角形状（図11）から正八角形状（図16）までの图形H3～H8およびカッタの軌道R3～R8を、それぞれ示している。

#### 【0089】

次に、上記知見（A）に基く実施形態について、図17-図21を参照して説明する。

図17において、第1の点と第2の点とを結ぶ線分は单一の矢印Jで表現されており、第1の点が符号N、第2の点が符号J-Eで示されている。

#### 【0090】

正方形10を決定する1過程を模式的に示す断面図である図17において、第1の点Nの軌跡（公転軌跡）TLが構成する円の半径寸法を「r」とすれば、第1の点Nの初期位置（図17で示す位置）の座標（x, y）は（r, 0）となり、一般化すると次式（2）、（3）の通りになる。

$$x = r \cos \omega t \quad \dots \quad (2)$$

$$y = r \sin \omega t \quad \dots \quad (3)$$

この式（2）、（3）において、符号 $\omega$ は第1の点Nが図示しないモニタの周囲を回転する角速度（公転角速度）である。

なお、図17で示す初期位置において、符号J-Eで示されている第2の点と、第1の点Nとを結ぶ線分JはX軸上に存在する。

#### 【0091】

図17において、第1の点Nの公転軌跡は、1辺の長さがaの正三角形が正方形10（1辺の長さがaの正方形）に常に内接する様に移動している場合における当該正三角形の重心の軌跡に一致する。

#### 【0092】

図18-図21は、線分J或いは第2の点J-Eの軌跡により正方形（正4角形）状図形の決定の進捗を図示したものであり、符号 $\theta$ は第1の点Nの公転した角度を示している。

図18は、第1の点Nが図17で示す位置（初期位置）に対して反時計方向に $\pi/2$ （rad）だけ公転した状態（或いは、第1の点Nが、決定されるべき正N角形状図形の中心に対して反時計方向に $\pi/2$ （rad）だけ回転した状態）を示している。

上述した通り、第2の点J-Eが前記第1の点Nの周囲を回転する角速度を「 $\omega$ 」とすれば、第1の点Nが正方形10の中心Oの周囲を回転する角速度は「（

$1 - N) \omega$ 」となる。そして、正方形10の場合、 $N = 4$ であるので、第2の点J-Eは、第1の点Nの回転速度 ( $-3\omega = (1 - N)\omega : N = 4$ ) の $1/3$ の角速度 $\omega$ で回転することになる。従って、第1の点Nと第2の点J-Eとを結ぶ線分Jは、X軸に対して平行とはならず、図18で示す様な角度（第2の点J-Eの回転による回転角度）を有している。

第1の点N及び第2の点J-Eのそれぞれの回転により、2つの点を結ぶ線分Jも移動し、その移動範囲（或いは通過範囲）により、図18においてハッチングを付して示す領域が決定される。

#### 【0093】

この際に、第2の点J-Eの移動軌跡、換言すれば点Fと点J-Eとを結ぶ線分は、Y軸と平行な直線となっている。すなわち、第2の点J-Eは、Y軸と平行に図18中上方に移動している。ここで符号TLは、第1の点Nの移動軌跡を示している。

なお図示の簡略化のため、図19-図21においては、線分Jの移動範囲或いは通過範囲には、ハッチングを付していない。

#### 【0094】

図19は、第1の点Nが初期位置に対して左回転方向に $\pi$  (rad) だけ回転移動した状態を示している。この段階においては、第2の点J-Eの移動軌跡は、Y軸に平行に移動した後に、X軸と平行に図中右方向に移動している。図20で示す段階、すなわち第1の点Nが初期位置に対して $5\pi/4$ だけ回転移動した段階では、第2の点J-Eは、X軸と平行に図中右方向へ、さらに移動している。そして、第1の点Nが $2\pi$  (rad) だけ回転移動すると（換言すれば、回転の軌跡TL上を1回転すると）、第2の点J-Eは図21で示す様な位置に到達する。

#### 【0095】

図示は省略したが、第1の点Nが初期位置に対して $6\pi$ だけ公転移動すると、すなわち回転軌跡TL上を3回転すると、第2の点J-Eは初期位置Fまで戻り（すなわち、第1の点Nの周囲を1回転し）、正方形すなわち正4角形状の図形の決定が完了する。

また、図17-図21において、決定された正方形10の角部には若干のアールがつくが、直角な角部とアールのついた角部との差異は、工学上の実用に際しては無視出来る程度の小さなものである。

#### 【0096】

次に、上記知見(C)に基く実施形態について、図22-図25を参照して説明する。

ここで、図22-図25の実施形態においては、ボーリング孔の断面形状(正N角形状)は4角形である。すなわち、 $N = 4$ である。

#### 【0097】

図22-図25において、正5角形状(正「 $N+1$ 」角形状)の図形P(正( $N+1$ )角形状の輪郭を有する図形)は、その重心(図心)Gがボーリング孔Hの中心Oから半径rの円周軌道Rを時計回りに移動(公転)しており、その回転角(公転する角度)が符号「 $\theta$ 」で示されている。

ここで、図形Pの重心が描く軌跡の半径rは、図形Pに外接する円(図22-図25では図示せず)の半径の $1/25$ ( $1/(N+1)^2$ )である。換言すれば、正5角形状の図形Pは、半径 $25r$ (すなわち、「 $(N+1)^2 r$ 」)の円(図22-図25では図示せず)に内接する輪郭を有している。

一方、図形Pは公転すると共に自転をしており、その自転速度は前記公転速度の $1/5$ (すなわち「 $1/(N+1)$ 」)の速度で自転しており、その回転角(自転する角度)は符号「 $\phi$ 」で示されている。

#### 【0098】

図22-図25の5角形の図形Pの通過範囲或いは移動範囲を考察するに際して、以下、5角形図形Pの頂点PE-1の軌跡のみを考慮する。

なお図22-図25において、符号「IS」で示すのは、完全に正方形をしたボーリング孔が掘削可能であると仮定した場合における断面形状であり、換言すれば、理想的な断面形状を示している。

#### 【0099】

図22には、図形Pは当初の状態に対して $270^\circ$ 公転し、且つ、 $54^\circ$ 自転した状態が示されている。これにより、図形Pの1つの頂点PE-1は、原点P

—〇から符号「TR-21」で示す軌跡を描く。

【0100】

図23の状態では、図形Pは $630^{\circ}$ 公転し、且つ、 $126^{\circ}$ 自転している。これにより、図形Pの頂点PE-1は、符号「TR-22」で示す軌跡を描いている。

【0101】

図24の状態では、図形Pは $1260^{\circ}$ 公転し、且つ、 $252^{\circ}$ 自転している。これにより、図形Pの頂点PE-1は、符号「TR-23」で示す軌跡を描いている。

【0102】

図25の状態では、図形Pは $1800^{\circ}$ 公転し、且つ、 $360^{\circ}$ 自転している。すなわち、図形Pは自転により一回転をしているので、その頂点PE-1は、符号「TR-24」で示す様な閉じた形状の軌跡を描く。この軌跡TR-24と、理想的な断面形状ISとを比較すると、軌跡TR-24（すなわち、図形Pにより掘削される領域の断面形状）は、その4隅部が円弧状になっている。しかしながら概略4角形状の軌跡を描いており、実用的には、四角形断面のボーリング孔を掘削したものと考えて差し支えない。

【0103】

図1-図25で説明した実施形態では、決定される図形は頂点間を直線で結んだ正N角形状の図形である。

上述した通り、前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離と、前記第2の点が前記第1の点から離隔している所定距離との比率を、或いは、図形の自転中心が前記決定されるべき図形の中心から離隔する半径方向距離と、当該図形の自転中心から先端までの距離との比率を、 $(N-1)^2$ より小さくすれば、図形T、Pの掃過範囲の断面形状を、N個の頂点を有し、且つ、頂点と頂点とを結ぶ辺が湾曲線で構成されている形状にせしめることが出来る。

図26-図31は、前記比率を $(N-1)$ とした場合において、図17-図21の実施形態により決定される図形の形状を示している。ここで、図26はN=3、図27はN=4、図28はN=5、図29はN=6、図30はN=7、図3

1はN=8の場合をそれぞれ示している。

#### 【0104】

また、図55は、N=4で、且つ、前記比率（「前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離と、前記第2の点が前記第1の点から離隔している所定距離との比率」、或いは、「図形の自転中心が前記決定されるべき図形の中心から離隔する半径方向距離と、当該図形の自転中心から先端までの距離との比率」）を「N」とした場合を示している。

#### 【0105】

上述した通り、第1の点が前記中心から離隔する一定距離を「 $r$ 」とし、前記中心点と前記第1の点との距離に対する前記第1の点と第2の点とを結ぶ線分の長さの比率を「 $(N - 1)^2$ 」より小さくして、前記第2の点の軌跡が、曲線から成るN個の閉じた領域から構成され且つ前記ボーリング孔の中心に対して対称となる様な図形を決定することが可能である。

図32-図37は、前記比率を「1」にした場合において、図17-図21の実施形態により決定される図形の形状を示している。

ここで、図32はN=3、図33はN=4、図34はN=5、図35はN=6、図36はN=7、図37はN=8の場合をそれぞれ示している。

#### 【0106】

図54は、N=4で、且つ、前記比率（「前記第1の点が前記中心から離隔する一定距離と、前記第2の点が前記第1の点から離隔している所定距離との比率」、或いは、「図形の自転中心が前記決定されるべき図形の中心から離隔する半径方向距離と、当該図形の自転中心から先端までの距離との比率」）を「N-2」とした場合を示している。

#### 【0107】

図26-図31の実施形態、図32-図37の実施形態、図54の実施形態、図55の実施形態における、その他の構成等については、図17-図21の実施形態と概略同様である。

#### 【0108】

次に、図38-図40を参照して、正N角形（例えば正方形：正4角形）の形

状を有する図形を決定する実施形態について説明する。

#### 【0109】

図38、図39は、（特に図38で示す様な）中央（起点）から放射状に延在する3本の線分R1、R2、R3を有する図形T-1、すなわち「決定するべき正N角形状図形の中心と同心で半径rの円周上を公転する起点を設定し、該起点からN本の線分を円周方向に等間隔に設け、該線分の前記起点と反対側の点は半径 $(N-1)^2 r$ の円の円周上に位置する様な図形」を、図1-図8で説明した様に自転及び公転して、図1-図8の実施形態で用いられた図形（正三角形状の図形：図1-図8の符号「T」）と同様に、正方形（正四角形）状の図形を決定する実施形態を説明している。

ここで、図38、図39は、ボーリング孔の掘削に本発明を適用した場合について説明している。そのため、図形T-1は全体が掘削ピットとして表現されており、線分R1、R2、R3は、それぞれが、チップを有するブレードとして表現されている。

#### 【0110】

図38において、全体を符号T-1で示す図形は、自転中心V-O（起点）を中心として対称に配置された3本の線分R1、R2、R3（起点から円周方向に等間隔に設けられたN本の線分）を有している。

ここで、図形T-1の自転中心V-Oは、線分R1の一端の点R1-P、線分R2の頂点R2-P、線分R3の頂点R3-Pを結んで出来る正3角形の重心の位置に等しい。

#### 【0111】

前記自転中心V-O（起点）は、図形T-1により決定される図形Hの中心Oに対して、距離「r」だけ偏心している。

図38の実施形態をボーリング孔の穿孔に適用するに際しては、決定されるべき図形の中心はボーリング孔Hの中心Oと一致させる必要があり、図39において符号100で示すボーリングマシンのボーリングロッド60の中心軸と一致させる必要がある。そして、ボーリング孔の穿孔に適用するに際しては、図形T-1を、その自転中心（起点）V-Oが、図39において符号100で示すボーリ

ングマシンのボーリングロッド60の中心軸Oから距離rだけ離れた円周上を公転しつつ、自転する様に設置しなければならない。

## 【0112】

図38、図39の実施形態において、図形T-1が自転する角速度が「 $\omega$ 」である場合に、前記ボーリングロッド60（或いは、ボーリング孔Hの中心O）の周囲を図形T-1が公転する角速度は「 $(1-N)\omega$ 」である。

また、前述した様に、図形T-1の自転中心V-Oがボーリング孔Hの中心O（或いは、ボーリングロッド60の中心軸）から離隔する半径方向距離は「r」であるが、図形T-1の自転中心V-Oから各線分R1、R2、R3の先端R1-P、R2-P、R3-Pまでの距離は「 $(N-1)^2 r$ 」となる様に設定されている。

その結果、図形T-1の掃過範囲、すなわち当該図形T-1で掘削されるボーリング孔Hの断面形状は、半径「 $N(N-2)r$ 」の円に外接する正4角形状となる。

## 【0113】

図38、図39の実施形態におけるその他の構成及び作用効果については、図1-図8の実施形態と同様である。

## 【0114】

さらに、図38、図39と同様に、図40で示す様な中央で連結された5本のロッドから成る断面形状を有する図形P-1を、図22-図25で説明した様に自転及び公転すれば、図40において点線で示す形状の図形（正三角形状のカッタ：図22-25の符号「P」）と同様に、正方形（正四角形）状の図形を決定することが出来るのである。

## 【0115】

図52は、図1-40で示す実施形態を実行するためのシステムの1例をプロック図で示している。

全体を符号100で示すシステムは、コンピュータ本体110を備えている。そして、コンピュータ110で処理された結果を表示するディスプレイ112と、必要なデータその他の情報を入力するための入力手段であるキーボード114

と、各種データを格納しているデータベース116とを有している。

#### 【0116】

次に、図53をも参照して、図52のシステム100を用いて、図形を決定する態様を説明する。

#### 【0117】

本発明によれば、図1-図25で説明した様に頂点間を直線で結んだ図形や、図26-図31で示す様に頂点間を湾曲線で結んだ図形、或いは、曲線から成るN個の閉じた領域から構成され且つ前記ボーリング孔の中心に対して対称となる様な図形（図32-図37参照）等、種々の図形を決定することが可能である。従って、図52のシステム100を作動するに際しては、先ず、どの様な図形を決定したいのかを選択する必要がある（ステップS1）。

#### 【0118】

決定するべき図形がステップS1で選択されたのであれば、上述した各種の決定方式（原理（A）、（B）、（C）或いは図38で説明した様な手法）のいずれを用いるかを決定する（ステップS2）。換言すれば、図形を決定するに至った理由、事情、場所、その他の各種条件（ケース・バイ・ケースである）を考慮して、作業者にとって最適と思われる手法が選択される。

#### 【0119】

決定するべき図形、適用するべき方式が決定したならば、それに対応した諸元（例えば、角数N、距離r、角速度ω等）を、キーボード114により入力する（ステップS3）。そして、コンピュータ本体110により、必要な処理（図1-図51を参照して説明した処理）を実行する（ステップS4、ステップS5がNOのループ）。

#### 【0120】

図形が決定されたのであれば（ステップS5がYES）、決定された図形に問題があるか否かを検討し（ステップS6）、問題があれば（ステップS6がNO）、ステップS1-S5の処理を繰り返す。

決定された図形に問題が無ければ（ステップS6がYES）、ステップS7において、当該図形に対して必要な処理（例えばデータ化、或いは、図39の様な

装置の制御機構に入力、その他）を行う（ステップS7）。

【0121】

なお、図53でステップS7を「終了準備」と表現したのは、決定された図形に対してデータ化や他の制御手段への入力等の「必要な処理」を終えたならば、図形を決定するためのシステム100による処理は終了し、システム100を停止するからである。

【0122】

図示の実施形態は例示であり、本発明の技術的範囲を限定する趣旨の記述ではない。

例えば、図示の実施形態においては、主として正4角形状或いは正5角形状の図形を決定する場合について説明されているが、所望の正N角形状の図形を決定する場合について、本発明は広く適用可能である。

そして、本発明は、その他にも種々の変形、変更が可能である旨を付記する。

【0123】

【発明の効果】

以上説明したように構成された本発明によれば、正N角形状のボーリング孔を掘削するという、従来は不可能であった要請に応える事が出来て、しかも、実施或いは施工が容易である。そして本発明は、地盤に対する孔の掘削にとどまらず、岩盤その他に対する掘削にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態を示す平面図。

【図2】

図1の図形決定の態様を説明する図。 $(\theta = 0^\circ)$

【図3】

図2から回転した状態 $(\theta = 45^\circ)$ を説明する図。

【図4】

図3から回転した状態 $(\theta = 90^\circ)$ を説明する図。

【図5】

図4から回転した状態 ( $\theta = 135^\circ$ ) を説明する図。

【図6】

図5から回転した状態 ( $\theta = 180^\circ$ ) を説明する図。

【図7】

図6から回転した状態 ( $\theta = 270^\circ$ ) を説明する図。

【図8】

図1-図7において、図形の軌跡を包括線で示す図。

【図9】

別の実施形態（五角形状図形の決定）を示す平面図。

【図10】

さらに別の実施形態（六角形状図形の決定）を示す平面図。

【図11】

本発明による三角形状図形決定の例を示す平面図。

【図12】

本発明による四角形状図形決定の例を示す平面図。

【図13】

本発明による五角形状図形決定の例を示す平面図。

【図14】

本発明による六角形状図形決定の例を示す平面図。

【図15】

本発明による七角形状図形決定の例を示す平面図。

【図16】

本発明による八角形状図形決定の例を示す平面図。

【図17】

本発明の他の実施形態による切削の1過程を模式的に示す断面図。

【図18】

図17の実施形態により地盤を切削する1過程を模式的に示す断面図。

【図19】

地盤を切削する1過程を模式的に示す断面図。

【図 2 0】

地盤を切削する 1 過程を模式的に示す断面図。

【図 2 1】

地盤を切削する 1 過程を模式的に示す断面図。

【図 2 2】

本発明のさらに別の実施形態による地盤切削の 1 過程を模式的に示す断面図。

【図 2 3】

地盤を切削する 1 過程を模式的に示す断面図。

【図 2 4】

地盤を切削する 1 過程を模式的に示す断面図。

【図 2 5】

地盤を切削する 1 過程を模式的に示す断面図。

【図 2 6】

本発明の他の実施形態による三角形状図形決定の例を示す平面図。

【図 2 7】

本発明の他の実施形態による四角形状図形決定の例を示す平面図。

【図 2 8】

本発明の他の実施形態による五角形状図形決定の例を示す平面図。

【図 2 9】

本発明の他の実施形態による六角形状図形決定の例を示す平面図。

【図 3 0】

本発明の他の実施形態による七角形状図形決定の例を示す平面図。

【図 3 1】

本発明の他の実施形態による八角形状図形決定の例を示す平面図。

【図 3 2】

本発明のさらに別の実施形態による三角形状図形決定の例を示す平面図。

【図 3 3】

本発明のさらに別の実施形態による四角形状図形決定の例を示す平面図。

【図 3 4】

本発明のさらに別の実施形態による五角形状図形決定の例を示す平面図。

【図35】

本発明のさらに別の実施形態による六角形状図形決定の例を示す平面図。

【図36】

本発明のさらに別の実施形態による七角形状図形決定の例を示す平面図。

【図37】

本発明のさらに別の実施形態による八角形状図形決定の例を示す平面図。

【図38】

本発明のさらにその他の実施形態で用いられる図形を示す平面図。

【図39】

図38の実施形態をボーリング孔の穿孔に適用する状態を示す正面図。

【図40】

図形の他の例を示す図。

【図41】

本発明の作動原理を説明するための図。

【図42】

図41と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図43】

図41、図42と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図44】

図41-図43と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図45】

図41-図44と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図46】

図41-図45と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図47】

図41-図46と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図48】

図41-図47と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図49】

図41-図48と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図50】

図41-図49と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図51】

図41-図50と同様に、本発明の作動原理を説明するための図。

【図52】

本発明の1実施形態のブロック図。

【図53】

図52の実施形態の制御フローチャートを示す図。

【図54】

本発明のその他の実施形態により穿孔された貫通孔或いは盲孔の形状を示す平面図。

【図55】

本発明のさらに別の実施形態により穿孔された貫通孔或いは盲孔の形状を示す平面図。

【符号の説明】

H・・・掘削孔

O・・・掘削孔中心

R・・・軌道円

T、P、T-1・・・正N角形を決定するのに用いられる図形

G・・・掘削手段重心

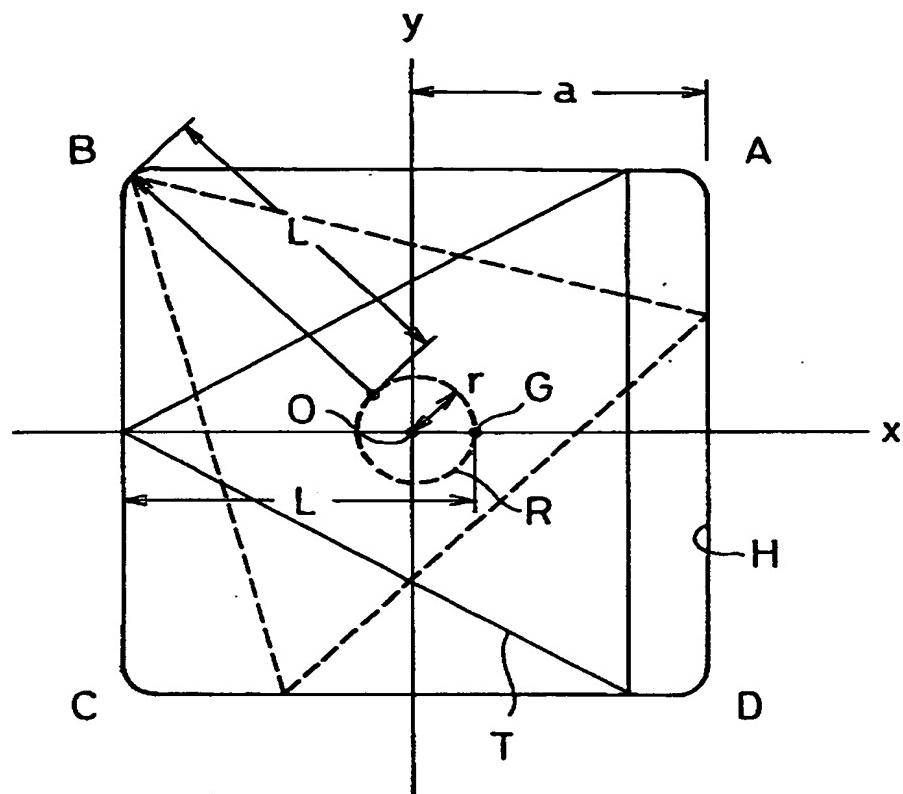
r・・・軌道円半径

θ・・・(公転)回転角

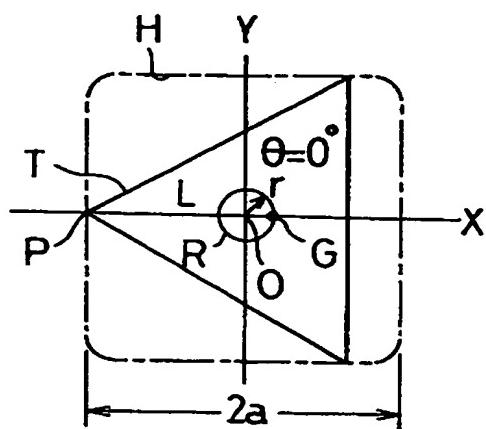
φ、ψ・・・掘削手段(自転)回転角

【書類名】 図面

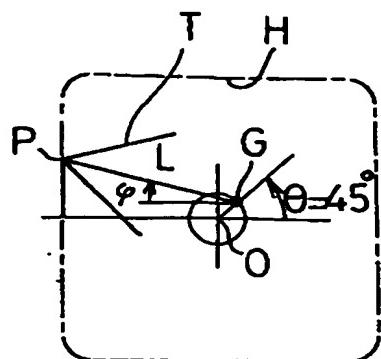
【図 1】



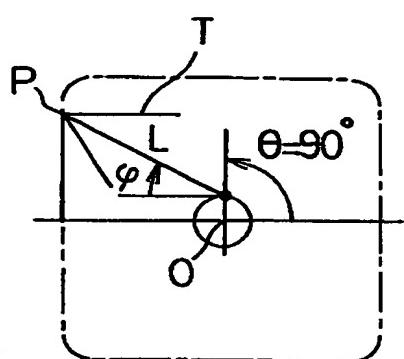
【図 2】



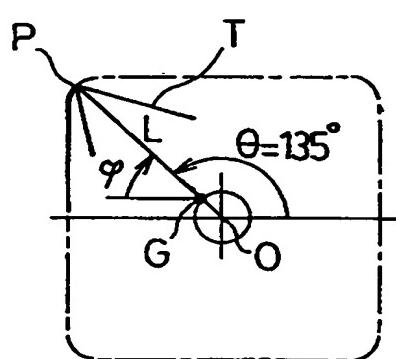
【図3】



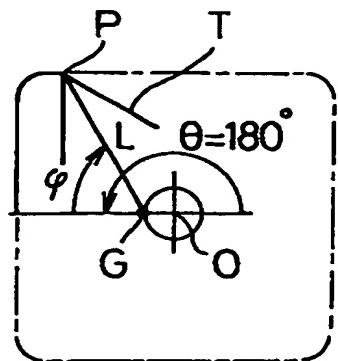
【図4】



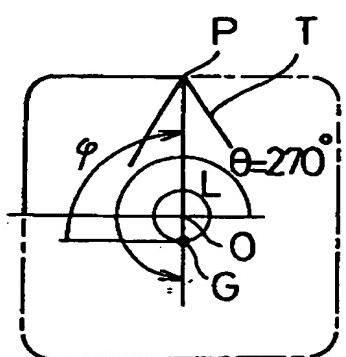
【図5】



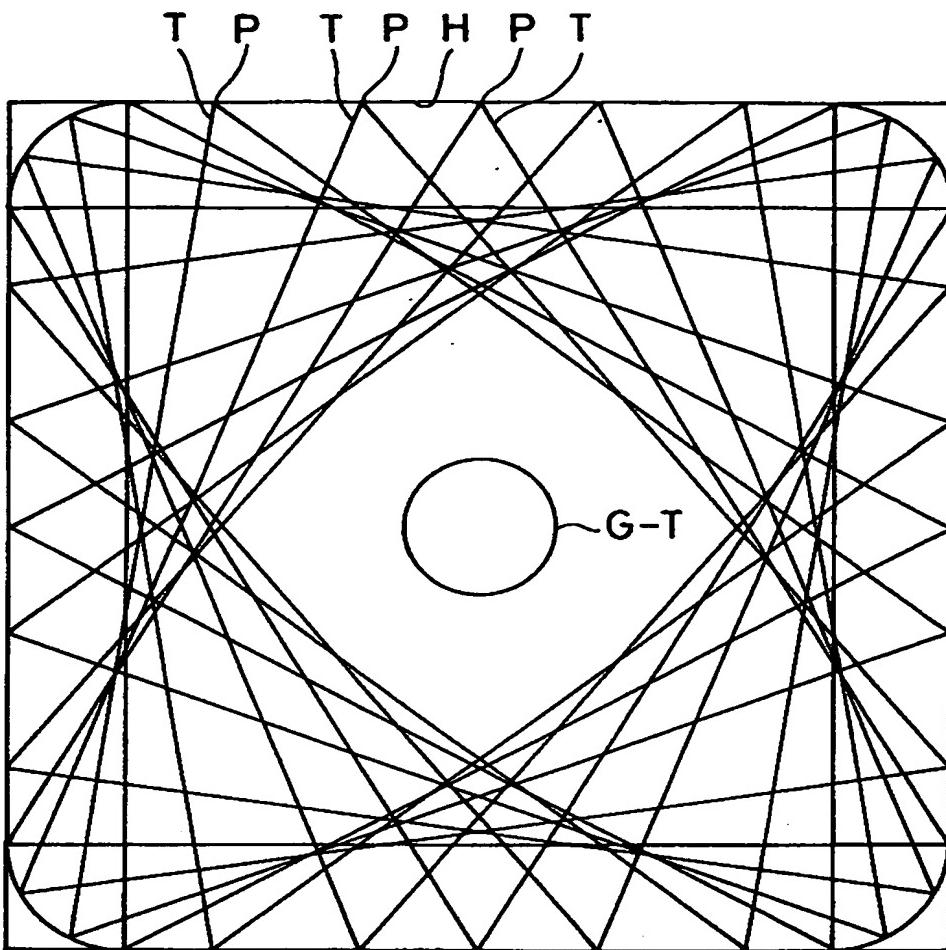
【図6】



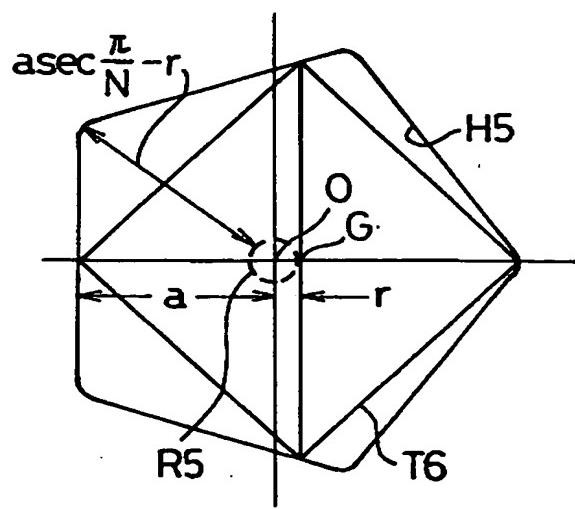
【図7】



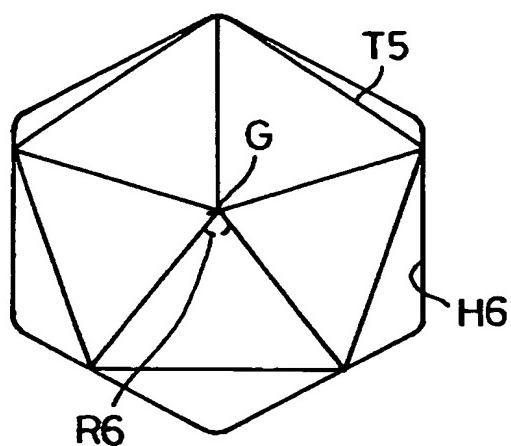
【図8】



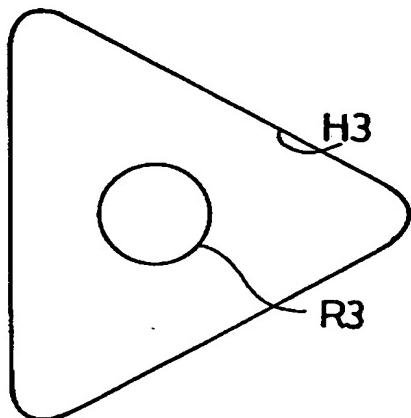
【図9】



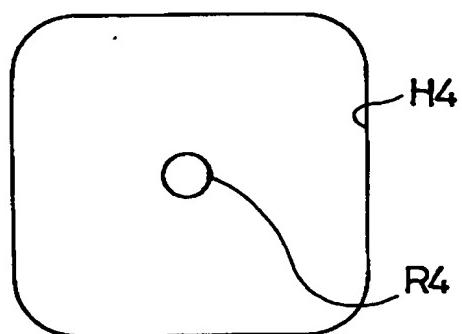
【図10】



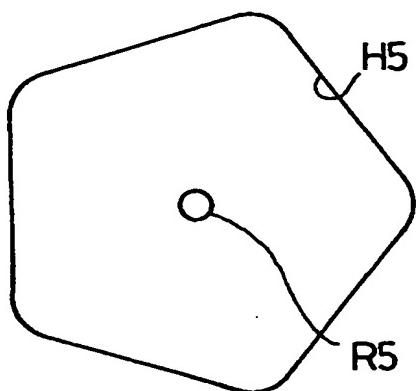
【図11】



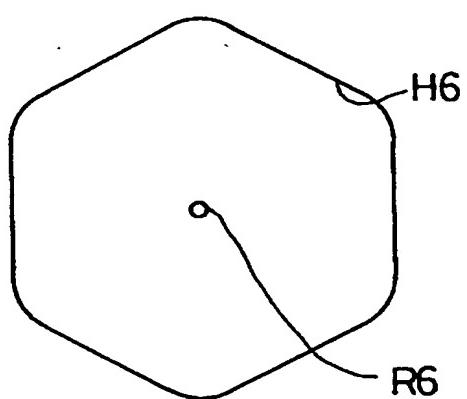
【図12】



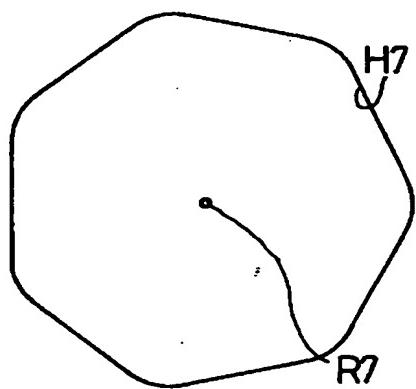
【図 1 3】



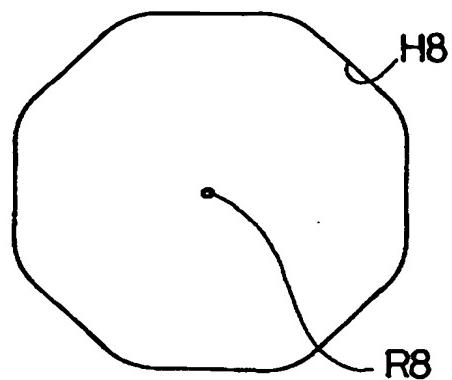
【図 1 4】



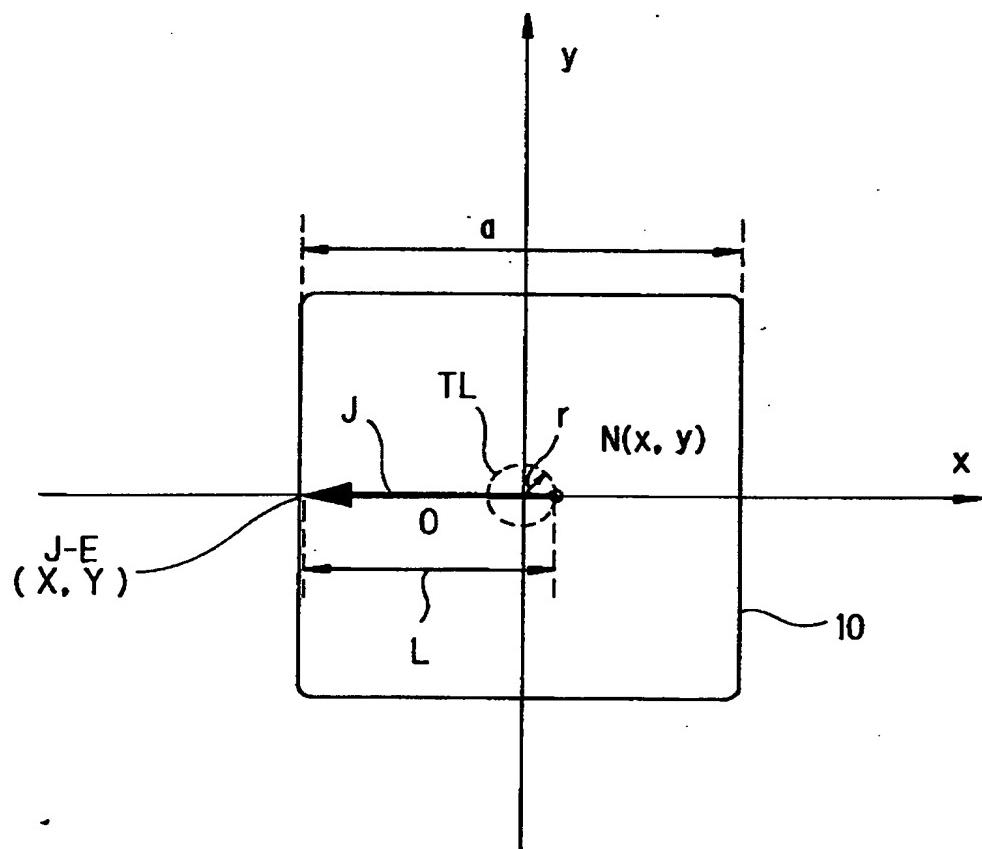
【図 1 5】



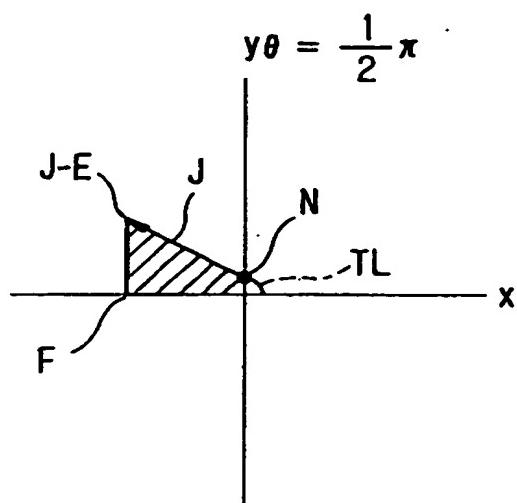
【図16】



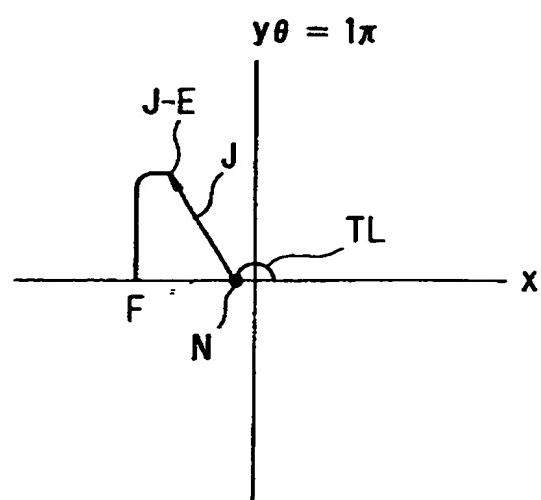
【図17】



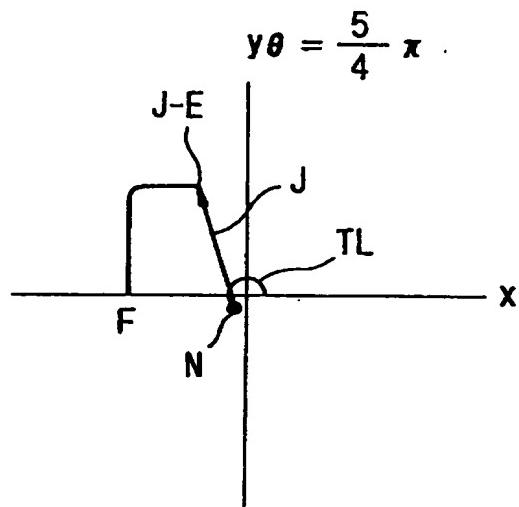
【図 1.8】



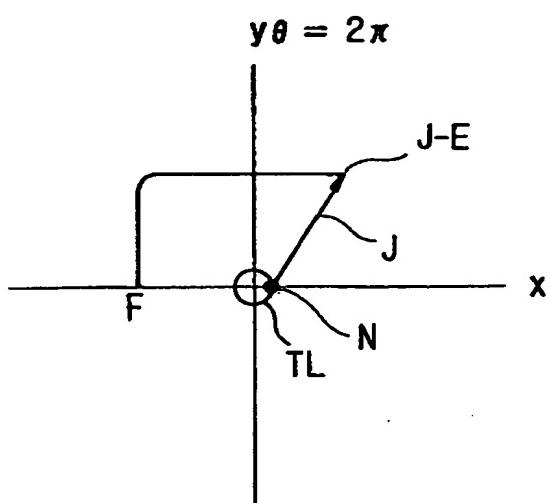
【図 1.9】



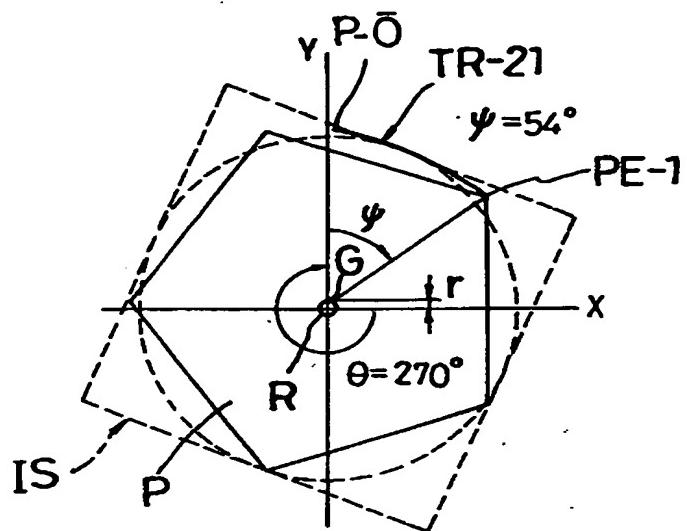
【図20】



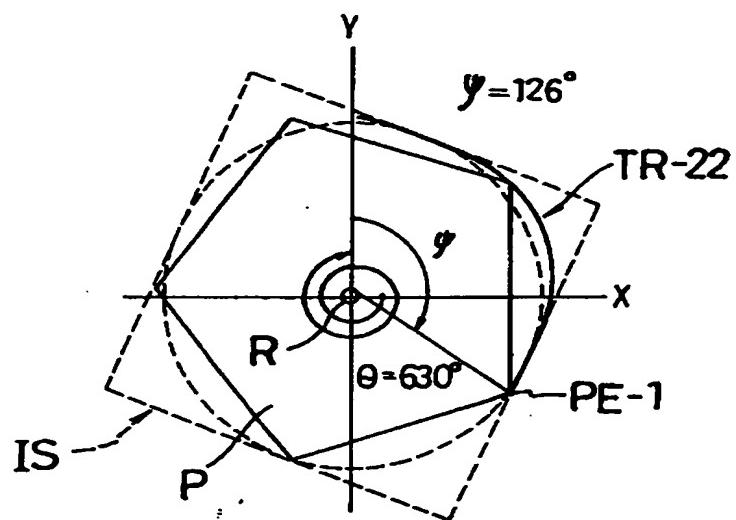
【図21】



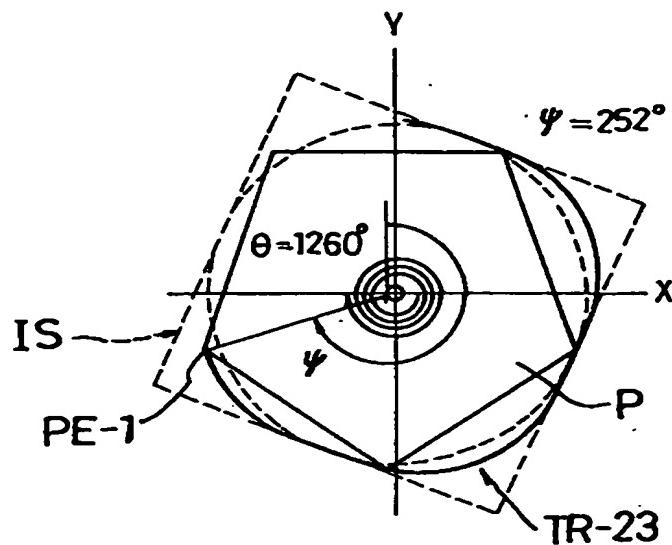
【図22】



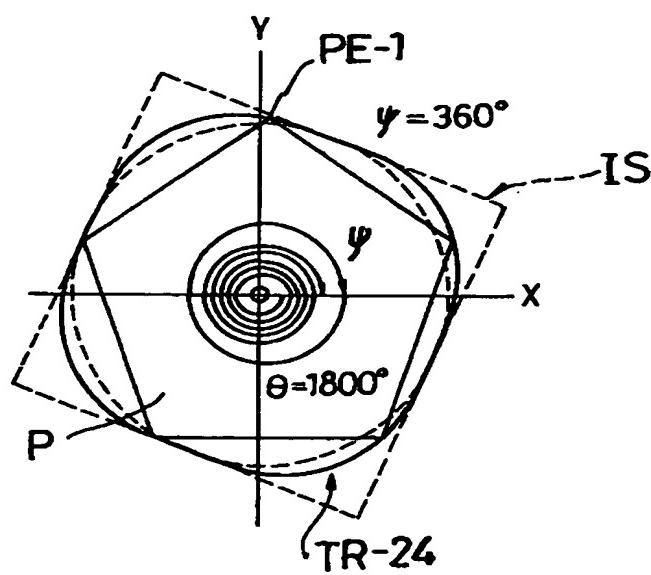
【図23】



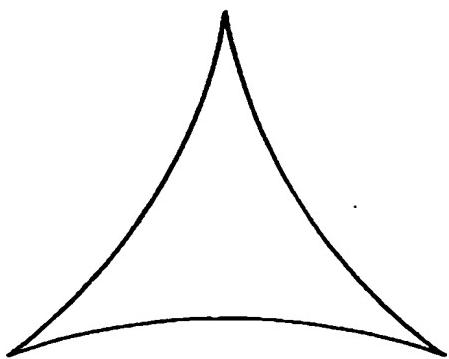
【図24】



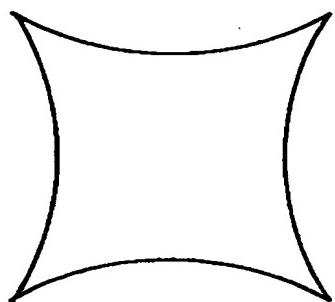
【図25】



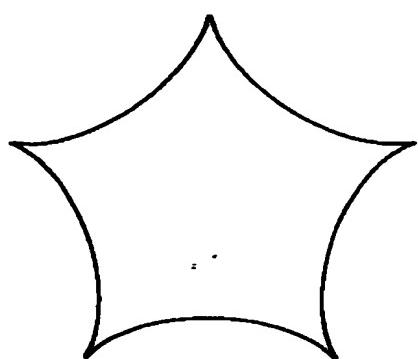
【図26】



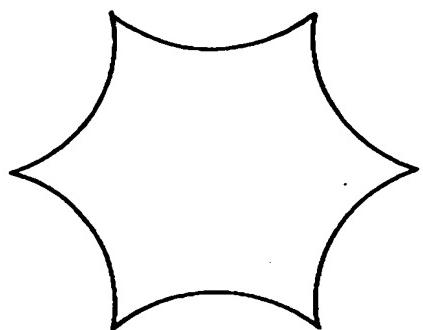
【図27】



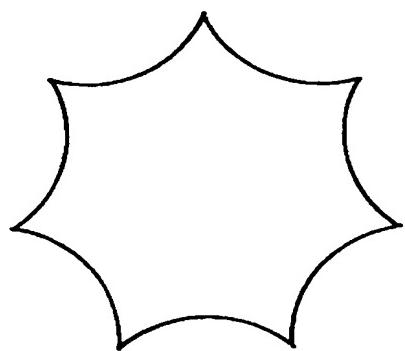
【図28】



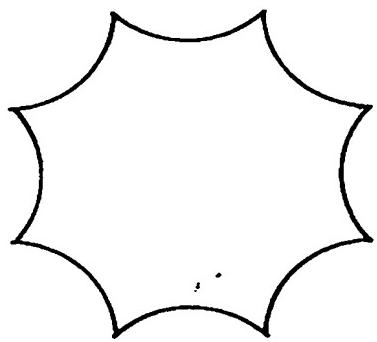
【図29】



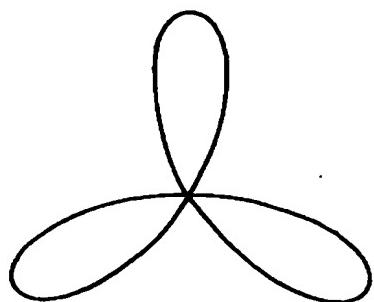
【図30】



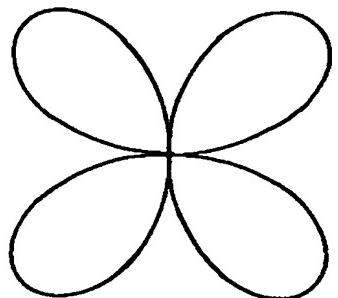
【図31】



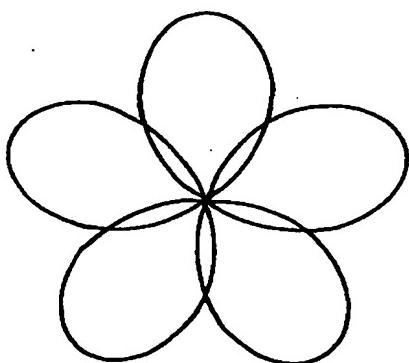
【図32】



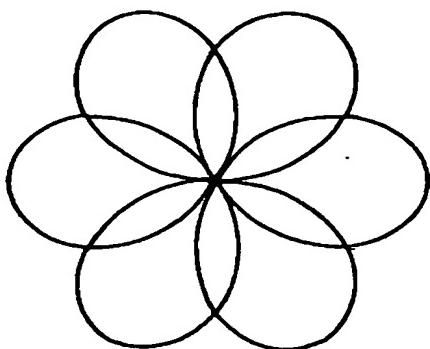
【図33】



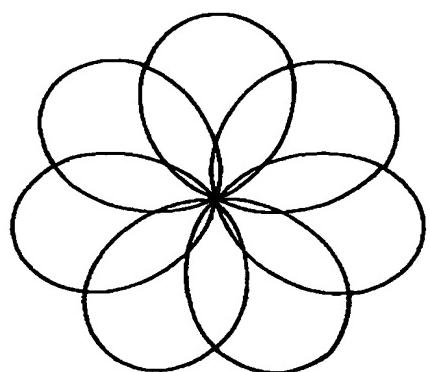
【図34】



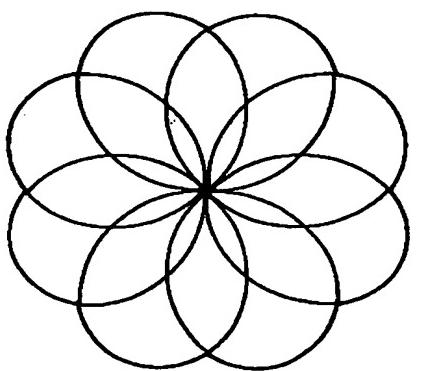
【図 3 5】



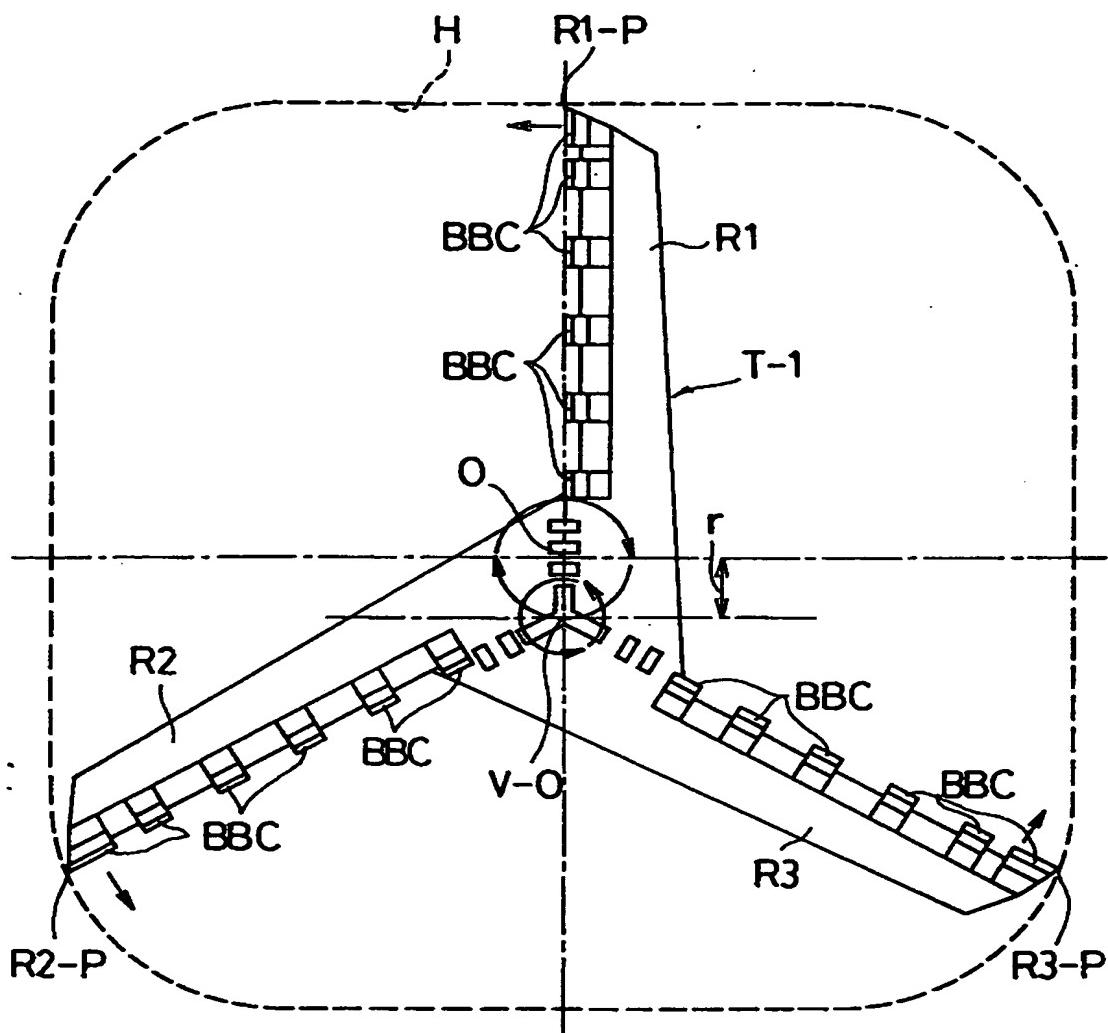
【図 3 6】



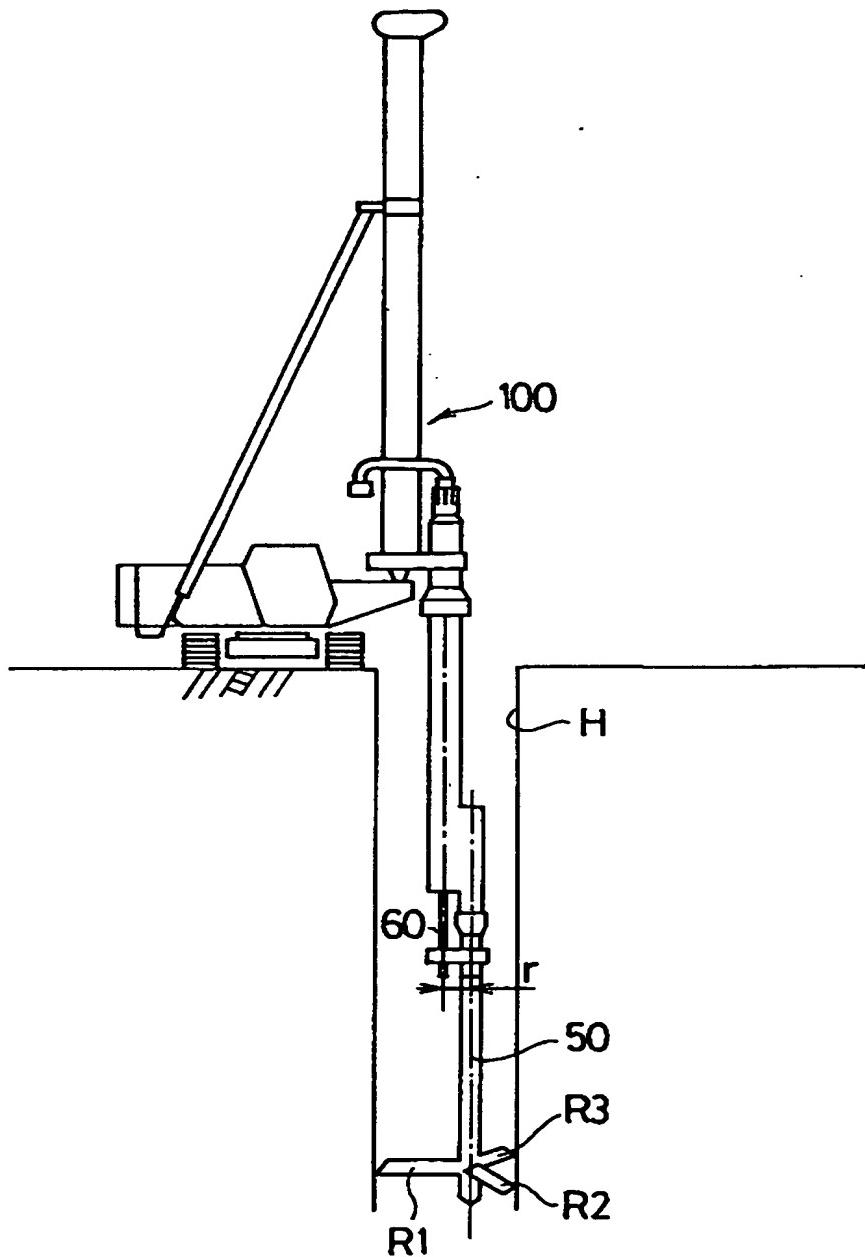
【図 3 7】



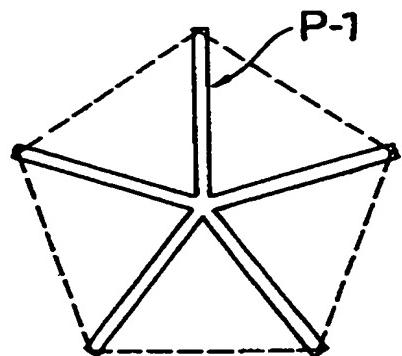
【図38】



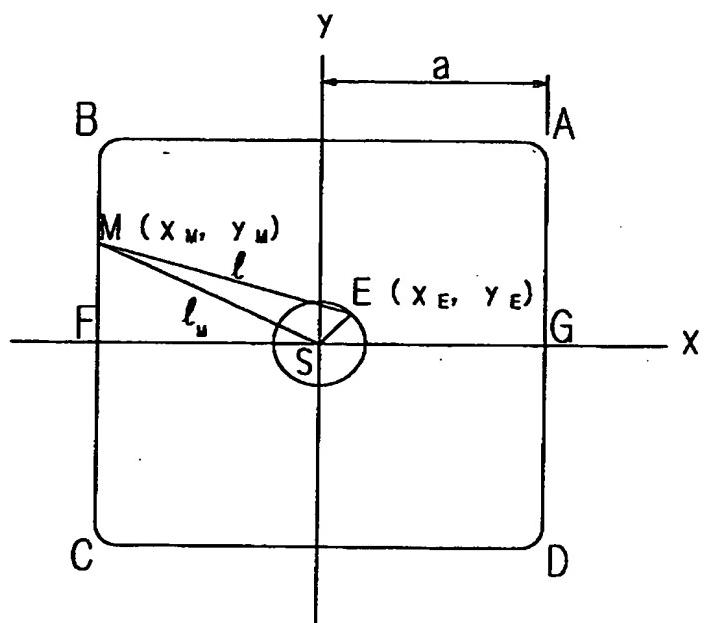
【図39】



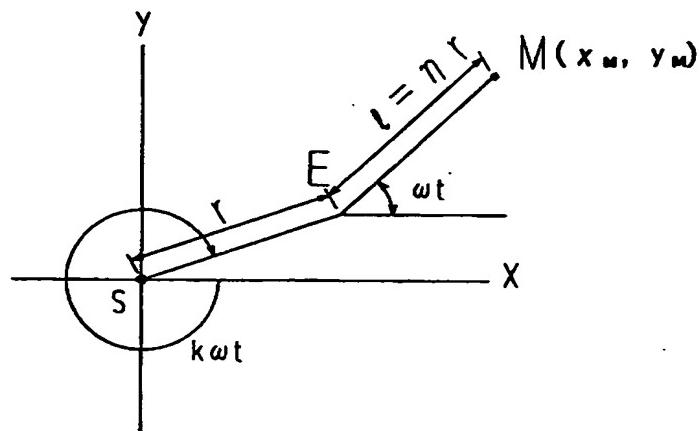
【図40】



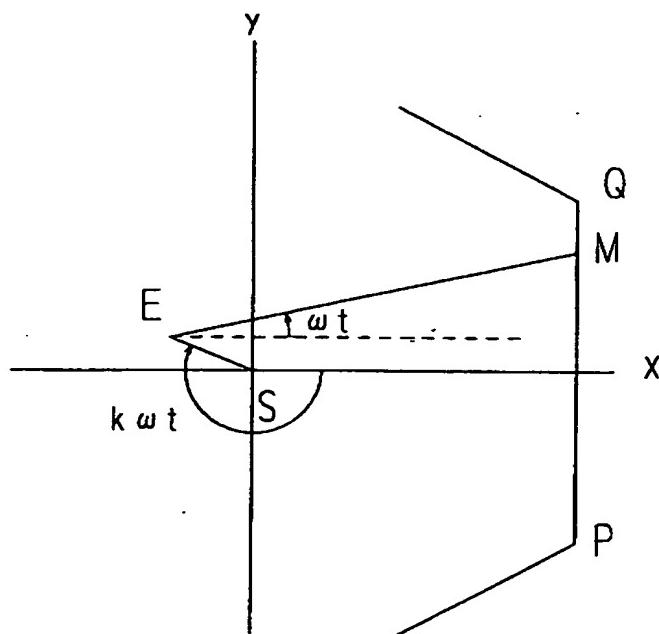
【図41】



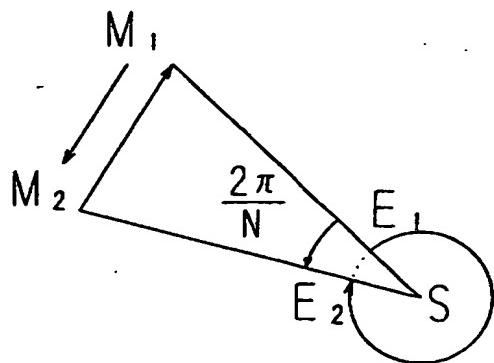
【図4 2】



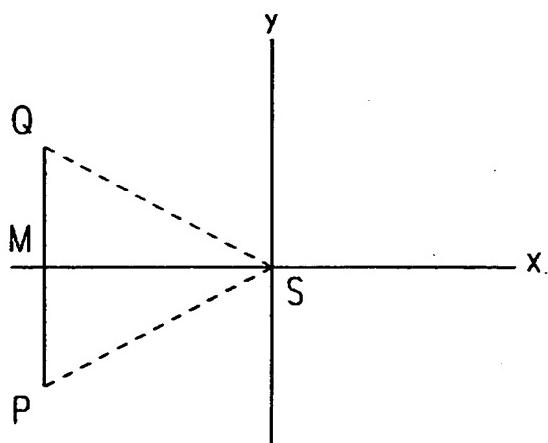
【図4 3】



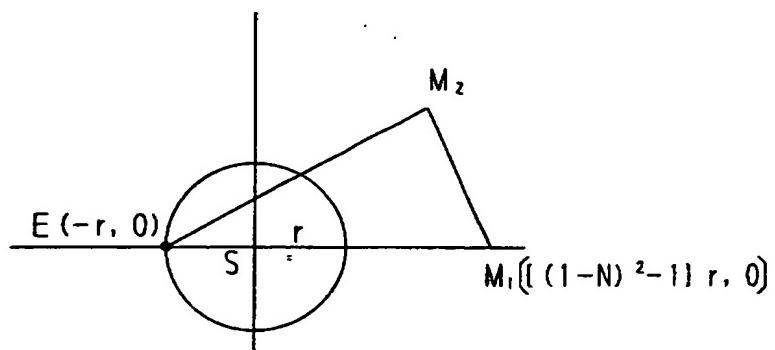
【図4 4】



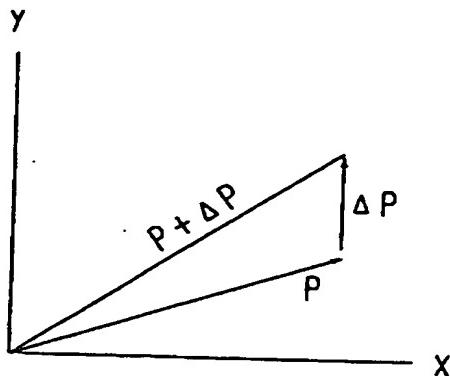
【図4 5】



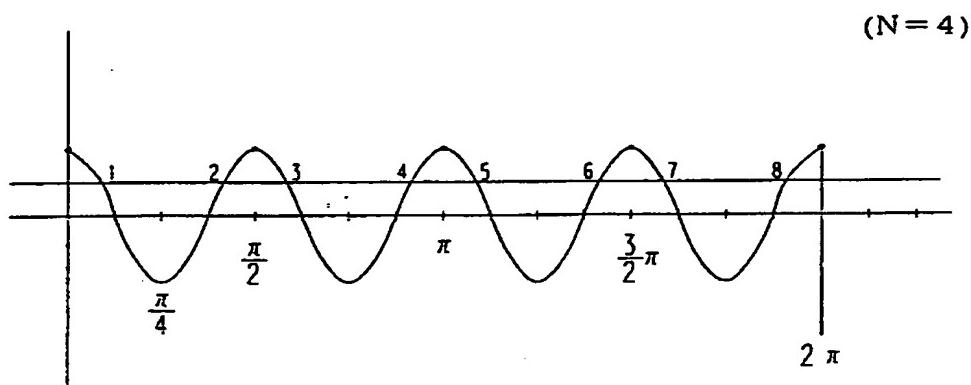
【図4 6】



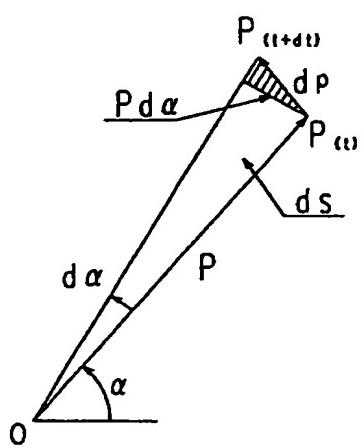
【図47】



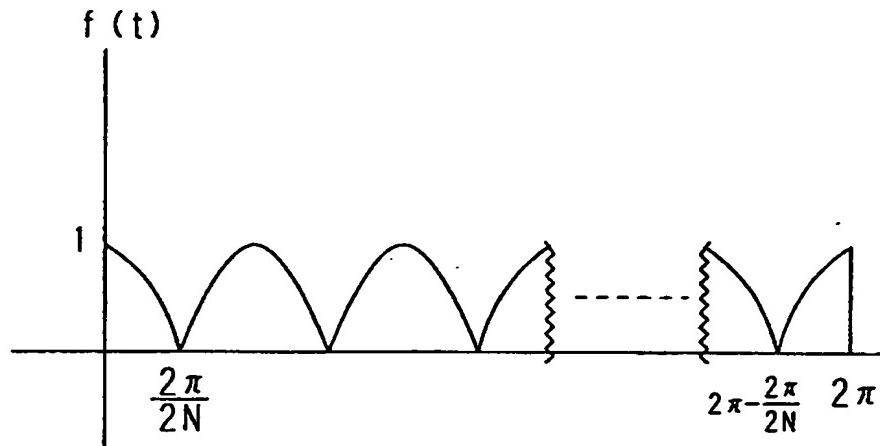
【図48】



【図49】

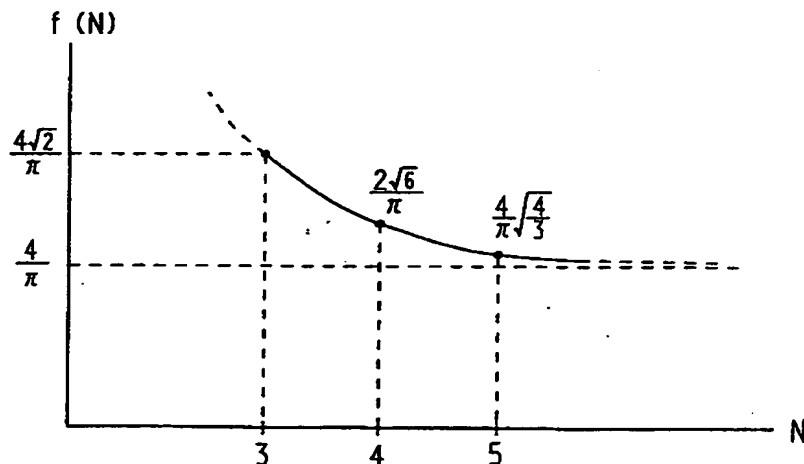


【図 50】

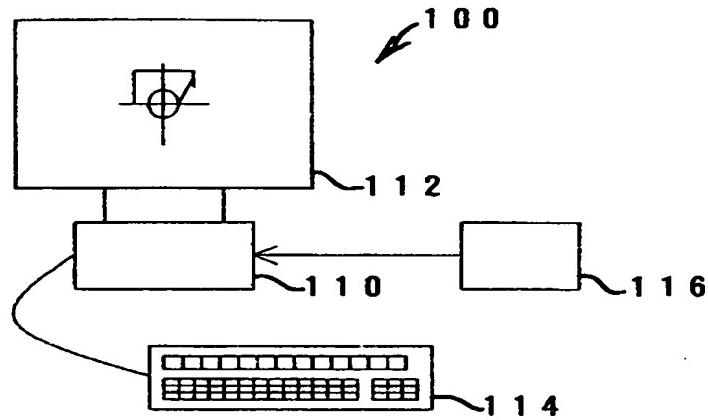


$$\left| \cos \frac{N}{2}t \right| \text{のグラフ}$$

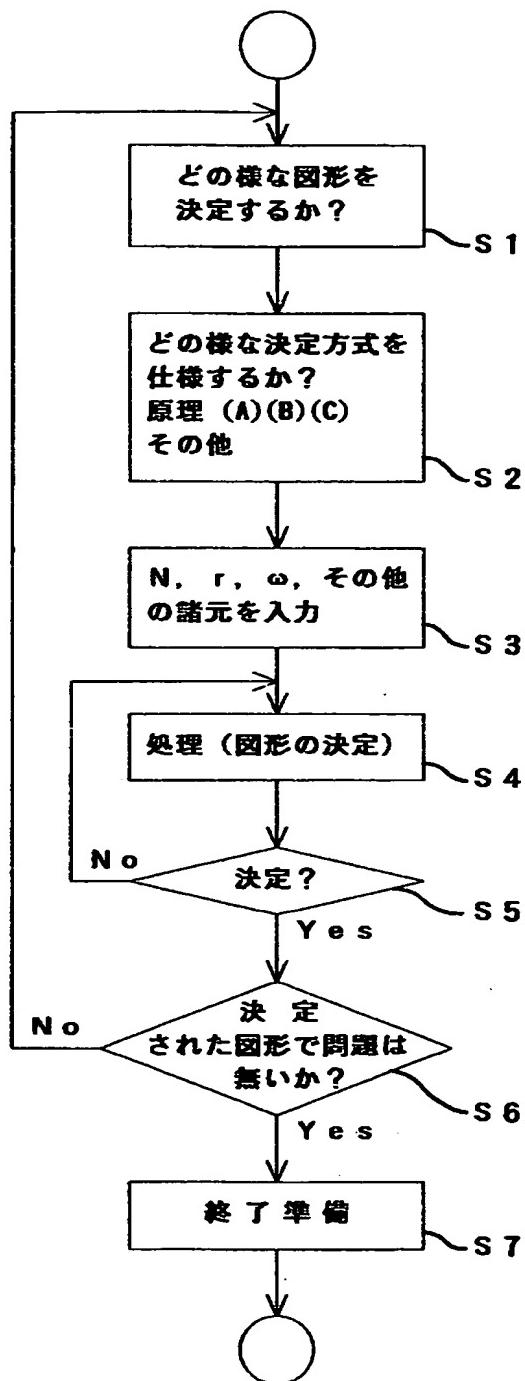
【図 51】



【図52】

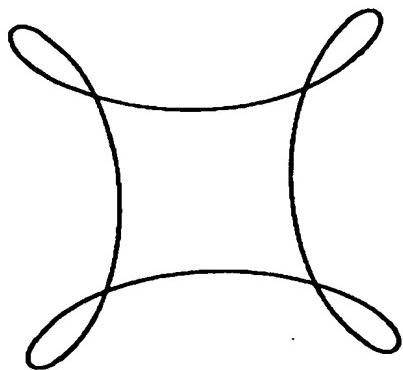


【図53】

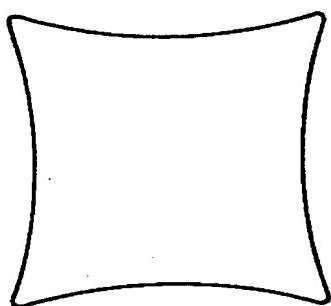


特平11-281096

【図54】



【図55】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 回転運動の長所を損なうことなく正多角形断面を有する掘削孔を掘削する非円形図形の決定方法の提供。

【解決手段】 頂角数がN個の正N角形状に孔（H）を掘削する方法において、掘削する正N角形に内接する正（N-1）角形状の掘削手段（T）を用い、その掘削手段（T）が掘削孔中心（O）を中心とした所定半径の軌道円（R）に沿って所定回転数で回転し、かつ掘削手段中心（G）回りを所定速度で回転して掘削する。但し、正（N-1）角形状の掘削手段（T）に代えて、ジェットを用いる事が出来る。または、正（N+1）角形状の掘削手段（T）或いは穿孔手段を使用することも可能である。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号 平成11年 特許願 第281096号  
受付番号 59900962841  
書類名 特許願  
担当官 第二担当上席 0091  
作成日 平成11年10月 5日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成11年10月 1日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [390002233]

1. 変更年月日 1990年 9月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区元赤坂1丁目6番4号

氏 名 ケミカルグラウト株式会社